Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

- Forschung -
Fb 1020

S. Hartwig
F. Binder
J.-H. Kim
M. Sturm
A. Rupp

Der Einsatz von Arbeitsunterlagen für Operateure im Regelkreis verfahrenstechnischer Anlagen mit rechnergestützten Prozessleitsystemen

Dortmund/Berlin/Dresden 2004

Diese Veröffentlichung ist der Abschlussbericht für das Projekt „Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operatoren zur Steuerung von verfahrenstechnischen Anlagen mit rechnergestützten Prozessleitsystemen“ - Projekt F 1778 - im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Autoren: Prof. Dr. rer. nat. Sylvius Hartwig
Dipl.-Ing. Frauke Binder
Dipl.-Ing. Jeong-Hun Kim
Dipl.-Ing. Michael Sturm
Dipl.-Ing. Alexander Rupp

Bergische Universität Wuppertal
Fachbereich D - Sicherheitstechnik
Fachgebiet Gefährliche Stoffe
Gaußstr. 20, D-42119 Wuppertal

Verlag/Druck: Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Bürgermeister-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 - 77
E-Mail: info@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund
Telefon: (02 31) 90 71 - 0
Telefax: (02 31) 90 71 - 24 54
E-Mail: poststelle@baua.bund.de
Internet: www.baua.de

Berlin:
Nöldnerstr. 40-42, D-10317 Berlin
Telefon: (0 30) 5 15 48 - 0
Telefax: (0 30) 5 15 48 - 41 70

Dresden:
Proschhübelstr. 8, D-01099 Dresden
Telefon: (03 51) 56 39 - 50
Telefax: (03 51) 56 39 - 52 10

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.

ISSN 1433-2086
ISBN 3-86509-175-X

Inhaltsverzeichnis

Kurzreferat 7

Abstract 8

Résumé 9

1 Einleitung 10

2 Informationsquellen 23

2.1 Literaturanalyse 23

2.2 Datenauswertung aus der Praxis 24
2.2.1 Datenbank der BAuA 24
2.2.2 Jahresbericht 2000 des Umweltbundesamtes 27
2.2.3 Erfahrungsberichte des TAA 28
2.2.3.1 Mängelcodes 28
2.2.3.2 Verteilung der Mängelcodes auf die Branchen 31

2.3 Hersteller von PLS-Einrichtungen 33
2.3.1 Umfrage bei Herstellern von Prozessleitsystemen 33
2.3.2 Ergebnisse 35

2.4 Betriebe 35
2.4.1 Betrieb A 37
2.4.1.1 Allgemeine Informationen 37
2.4.1.2 Produktionsablauf 37
2.4.1.3 Personalstruktur, Organisation und Schichtsystem 39
2.4.2 Betrieb B 39
2.4.2.1 Allgemeine Informationen 39
2.4.2.2 Produktionsablauf 39
2.4.2.3 Personalstruktur, Organisation und Schichtsystem 41
2.4.3 Betrieb C 41
2.4.3.1 Allgemeine Informationen 41

2.4.3.2 Produktionsablauf 42
2.4.3.3 Personalstruktur, Organisation und Schichtsystem 43
2.4.4 Betrieb D 43
2.4.4.1 Allgemeine Informationen 43
2.4.4.2 Produktionsablauf 44
2.4.4.3 Personalstruktur, Organisation und Schichtsystem 45
2.4.5 Betrieb E 46
2.4.5.1 Allgemeine Informationen 46
2.4.5.2 Abläufe der Netzführung 47
2.4.5.3 Personalstruktur, Organisation und Schichtsystem 48
3 Auswertung 49
3.1 PLS-Einrichtungen 50
3.1.1 Ergebnisse der Umfrage bei PLS-Herstellern 50
3.1.2 Zusammenstellung der Klassifizierung von PLS-Einrichtungen nach VDI/VDE 2180 52
3.1.2.1 PLS-Betriebseinrichtungen 53
3.1.2.2 PLS-Überwachungseinrichtungen 54
3.1.2.3 PLS-Schutzeinrichtungen 54
3.1.2.4 PLS-Schadensbegrenzungseinrichtungen 55
3.1.3 Prozessleitsystem in den Betrieben 57
3.1.3.1 Betrieb A (Luftzerlegung) 57
3.1.3.2 Betrieb B (Schaumstoff) 58
3.1.3.3 Betrieb C (Chemikalien) 60
3.1.3.4 Betrieb D (VC) 61
3.1.3.5 Betrieb E (Energieversorgung) 62
3.2 Aufgaben der Operateure 63
3.2.1 Aufgaben aus der Literatur 63
3.2.1.1 Aufgabenfelder im Normalbetrieb 63
3.2.1.2 Aufgabenfelder bei der Störung 64
3.2.1.3 Aufgabendefinition am Beispiel von Untersuchungen im Kernkraftwerk 65
3.2.2 Aufgaben der Operateure in den Betrieben 69
3.2.2.1 Aufgaben der Operateure im Betrieb A 69

3.2.2.2 Aufgaben der Operateure im Betrieb B 70
3.2.2.3 Aufgaben der Operateure im Betrieb C 70
3.2.2.4 Aufgaben der Operateure im Betrieb D 70
3.2.2.5 Aufgaben der Operateure im Betrieb E 71
3.2.3 Aufgabenanalyse über Matrizen 72
3.2.3.1 Definition der Betriebszustände 74
3.2.3.2 Matrizen für die Betriebszustände 78

3.3 Qualifikation der Operateure 82
3.3.1 Qualifikationen aus der Literatur 82
3.3.1.1 Voraussetzungen für den Operateur 82
3.3.1.2 Kenntnisse des Operateurs 84
3.3.2 Qualifikationsanalyse über die Matrizen 88
3.3.2.1 Auswertung der Matrizen 93
3.3.3 Stand der Ausbildung nach der Betriebsanalyse 97
3.3.3.1 Betrieb A (Luftzerlegung) 98
3.3.3.2 Betrieb B (Schaumstoff) 99
3.3.3.3 Betrieb C (Chemikalien) 100
3.3.3.4 Betrieb D (VC) 101
3.3.3.5 Betrieb E (Energieversorgung) 102
3.3.3.6 Zusammenfassung des Ausbildungssystems der Betriebe 103
3.3.4 Zusammenfassung 108

3.4 Analyse von Arbeitsunterlagen 109
3.4.1 Gesetzliche Grundlagen zu den Unterlagen in den Leitwarten 110
3.4.2 Unterlagen aus der Sicht der PLS-Hersteller 111
3.4.3 Analyse der Arbeitsunterlagen für PLS-Operateure in den untersuchten Betrieben 111
3.4.3.1 Übersicht über die Arbeitsunterlagen der einzelnen untersuchten Betrieben 113
3.4.3.2 Hierarchie der Arbeitsunterlagen der untersuchten Betriebe 118
3.4.3.3 Analyse der Arbeitsunterlagen nach Aufgaben und Betriebszuständen 125
3.4.3.4 Analyse der Arbeitsunterlagen nach Kriterien für Anforderungen 126

3.4.4 Ergebnisse der Arbeitsunterlagenanalyse 128
3.4.4.1 Analyseergebnisse der Unterlagen aus den Betrieben 128
3.4.4.2 Ergebnisse der inhaltlichen Auswertung 131
3.5 Vergleich von papier- mit rechnergestützten Arbeitsunterlagen 139
4 Anforderungen an Arbeitsunterlagen 142
4.1 Allgemeine Anforderungen an Arbeitsunterlagen aus der Literaturanalyse 142
4.2 Anforderungen an rechnergestützte Arbeitsunterlagen aus der Literaturanalyse 143
4.3 Anforderungen an Arbeitsunterlagen aus den Analysen der Aufgaben, Qualifikationen und Unterlagen 145
4.4 Beispiele aus der Praxis 149
4.5 Musterarbeitsunterlage 158
4.6 Strukturelle Anforderungen an Arbeitsunterlagen 159
5 Zusammenfassung 167
Literaturverzeichnis 171
Abbildungsverzeichnis 174
Tabellenverzeichnis 176

Der Einsatz von Arbeitsunterlagen für Operateure im Regelkreis verfahrenstechnischer Anlagen mit rechnergestützten Prozessleitsystemen

Kurzreferat

Die Anforderungen an die Arbeitsunterlagen mussten in Bezug auf die Betriebszustände differenziert betrachtet werden. Das Risiko für nicht normale Betriebszustände auf die Zeiteinheit bezogen ist ca. 10- bis 20-fach größer als für Normalbetriebszustände. Zur Informationsermittlung wurden eine Literaturauswertung durchgeführt, fünf Betriebe untersucht, die Ergebnisse einer Befragung bei PLS-Herstellern ausgewertet sowie vier weitere Untersuchungen herangezogen. Außerdem wurden die Betriebszustände, die anfallenden Aufgaben sowie die benötigten Qualifikationen der Operateure untersucht. Hierbei wurde über qualitative Matrizenanalysen ermittelt, welche Aufgaben und Qualifikationen in den verschiedenen Zuständen von Bedeutung sind, um die Anforderungen zu definieren. Ein Ergebnis ist, dass in der Industrie überwiegend der Operateur als Problem und nicht als Problemlösungskapazität gesehen wird. Die Auswertung zeigt, dass die Operateure gerade in der Übergangsphase zu Störfällen am meisten Aufgaben zu bewerkstelligen hätten. Das findet in den 266 untersuchten Arbeitsunterlagen kaum Berücksichtigung; ein Sicherheitsdefizit. Die Analyse der notwendigen Qualifikationen der Operateure mit dem Vergleich der betrieblichen Aus- und Weiterbildung ergab, dass systemanalytische Weiterbildungen der Operateure die notwendige betriebszustandsabhängige Kompetenz fördern und das festgestellte Defizit an Unterlagen für kritische Betriebszustände ausbessern. Die Kenntnis der Komponentenwechselwirkung im Störfall ist wichtig. Deshalb wurde als Arbeitsunterlage dazu ein Matrizensystem entwickelt, das zusätzlich dem Auffinden der richtigen Unterlage dient. Darüber hinaus wurde eine praxisnahe Unterlagenhierarchie empfohlen und eine Musterunterlage erstellt.

Schlagwörter:
Prozessleitsysteme (PLS), Arbeitsunterlagen, Betriebszustand, bestimmungsgemäßer und nicht bestimmungsgemäßer Betrieb, Sicherheitsdefizit

The use of working manuals for operators in the control loop of installations with computer-controlled process control systems

Abstract

The requirements for the working manuals had to be viewed differentiately with regard to the operation conditions. The risk for non-standard operation conditions is about 10- to 20-times higher than for standard operation conditions in relation to the defined time period. For the gathering of the information a literature analysis was carried out, five companies were examined, the results of a PCS manufacture questionaire were evaluated as well as four additional investigations were taken into account. In addition, the operating conditions and the arising tasks for the operators were examined as well as their necessary qualifications. Hereby it was established through qualitative matrix analysises, which tasks and qualifications are important in the different operation conditions, in order to define the demands. One result appearing is, that in industrial companies the operator is seen in most cases as a problem but not as the expert for problem solving. The evaluation showed, that the operator has to perform the most tasks especially in the transition phase to accidents. This fact finds nearly no consideration in the examined 266 manual documents; a safety deficiency. The analysis of the necessary qualifications for operators showed in comparison with the practice training in the companies, that additional systemanalytic training helps to gain the competence to act properly during the different operation conditions and it can substitute the deficiencies of operating manuals for critical conditions. The knowledge of the interaction of components is important during major accidents. Therefore a matrix was developed as a tool which helps to find the correct operating manual. In addition to that a practice orientated document hierarchy was recommended and a model operating manual was developed.

Key words:

process control system (PCS), operating manuals, operating condition, normal and non-normal operating condition, safety deficiency

L’emploi des documents de travail pour les opérateurs dans le circuit de réglage des installations avec des systèmes de commande de processus assistées par ordinateur

Résumé

Les exigences des documents de travail doivent tenir compte des différents modes de fonctionnement: le risque d´accident considéré à l’unité de temps est 10 à 20 fois plus élevé lorsque l´entreprise n’est pas dans son état normal. Afin d'obtenir un complément d'information, une étude littéraire a été réalisée, 5 entreprises ont fait l'objet de contrôles, les résultats d'un sondage sur les fabriquants de SCP ont été rendus ainsi que 4 autres recherches. En plus des différents modes de fonctionnement de l´entreprise, les tâches et les qualifications nécessaires des opérateurs ont été examinés. Avec l´analyse qualitative d’une matrice, on détermine quelles tâches et qualifications sont importantes dans les différents modes pour donner une définition des demandes. Un résultat est que dans l´industrie, l´opérateur est plutôt considéré comme un problème et non comme une solution. L´exploitation des résultats montre dans les situations annonciatrices d’accident que ce sont les opérateurs qui ont le plus de tâches à résoudre. Ce dernier point de vue est peu pris en considération dans les 266 documents de travail étudiés: un manque de sécurité. L’analyse des qualifications nécessaires des opérateurs dans la comparaison des formations a donné le résultat que la formation d’analyse de système des opérateurs encourage la compétence. Par-là le manque de documents pour les états d’entreprises dangereux sera réparé. En cas d’accident, la connaissance des interactions des composants est importante, de ce fait on a développé un système de matrice comme document de travail qui sert aussi à trouver les documents nécessaires. Pour cela une hiérarchie très proche de la pratique était recommandée et un modèle a été construit.

Mot clés:
système de commande de processus (SCP), documents de travail, état d’entreprise, production normale, production anormale, manque de sécurité

1 Einleitung

Im Laufe der Entwicklung der letzten Jahre werden verfahrenstechnische Anlagen in noch zunehmendem Maße mittels rechnergestützten Prozessleitsystemen (PLS) gesteuert. In dem hier vorliegenden Projekt sollen die Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operateure, die PLS bedienen, ermittelt werden, um ein sicheres Fahren der rechnergestützt gesteuerten Anlage zu gewährleisten. Dieser Projektbericht stellt die Ergebnisse dar.

Die Gliederung des folgenden Berichtes spiegelt auch das Vorgehen der Projektbearbeitung wider, weshalb es sinnvoll ist an dieser Stelle näher auf die einzelnen Arbeitsabschnitte einzugehen. Des Weiteren erfolgt eine Darstellung der Einbindung des Projektthemas in den Kontext der allgemeinen sicherheitstechnischen Entwicklung, sowie die sich aus den Ergebnissen herauskristallisierenden Problemstellung.

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) hat die Problematik, die durch den zunehmenden Einsatz von PLS entsteht, erkannt und deshalb ein Projekt mit dem Ziel ausgeschrieben Spezifikationen für Arbeitsunterlagen für Operateure zu entwickeln. Dadurch soll der sich fortschreitend entwickelnden Risikosituation begegnet werden.

Folgende Prinzipien wurden zu Grunde gelegt:

Der Schwerpunkt liegt auf dem Projektschritt der Arbeitsaufgaben- und Ablaufanalyse zur Beschreibung der Aufgaben von Operateuren während des Normalbetriebes, aber auch während nicht alltäglicher Vorgänge (Reinigung, Instandhaltung, Betriebsstörungen u. ä.). In Bezug auf die Aufgaben folgt eine Beschreibung der Qualifikationen der Operateure sowie der dahingehenden Entwicklungstendenzen. Anschließend erfolgt die Identifizierung der notwendigen Arbeitsunterlagen, wobei ebenfalls die nicht alltäglichen Vorgänge betrachtet werden sollen. Dies soll zur Entwicklung von Lösungsvorschlägen und –hinweisen wie diesen Anforderungen gerecht zu werden ist führen, sowie in welcher Form die Arbeitsunterlagen zur Verfügung gestellt werden sollen.

In unserem Arbeitsvorschlag für dieses Projekt haben wir folgende Sicht entwickelt:

Ausgangsbasis ist die Frage, wie die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Effektivität der Systemleistung (in Bezug auf die Sicherheit) von modernen, von den Operateure über PLS gesteuerte verfahrenstechnische Anlagen, verbessert werden kann, und zwar ohne Über- und Unterforderung eben dieser Operateure. Neben den im Rah-

men dieses Projektes nicht primär zu behandelnden Fragen der Systemgestaltung und der generellen Qualifikation der Operateure bieten sich dafür u. a. die Optimierung der Arbeitsunterlagen an, und zwar bezogen auf die jeweilige Anlagenauslegung, den Anlagenzustand und die betriebsspezifischen Qualifikation der Operateure zur Prozessführung mit den realisierten PLS.

Zu diesen Arbeitsunterlagen gehören beispielsweise das Betriebshandbuch, Betriebsanweisungen, Betriebsmeldungen sowie die anlagenunabhängige Visualisierung von Prozessdaten (Grafiken, Statistiken etc.). Dabei ist davon auszugehen, dass diese Arbeitsunterlagen zur Zeit u. a. auch noch der Kompensation von defizitären Gestaltungszuständen sowohl der Anlagenauslegung wie der Qualifikation der Operateure dienen müssen, obwohl dies nicht die primäre Funktion dieser Arbeitsunterlagen sein soll und kann. Die Arbeitsunterlagen sollen vielmehr dazu dienen, hinreichend qualifizierte Operateure bei der Führung der verfahrenstechnischen Prozesse mit Hilfe einer adäquaten Systemauslegung, die neben technischen auch ergonomische Erkenntnisse hinreichend berücksichtigt, zu unterstützen, um damit zu einer sicheren und effizienteren Fahrweise – auch unter der Perspektive der Belastung und Beanspruchung der Operateure – zu gelangen.

Dass dies zur Zeit nicht so ist, lässt sich in der Praxis leicht belegen. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass es in der Zielrichtung der Seveso-II-Richtlinie und der Philosophie der meisten Unternehmen keine Interessenidentität gibt, denn die Unternehmen versuchen durch Automation an Arbeitskräften und an deren Qualifikation zu sparen. So braucht das Fahren von Anlagen mittels PLS – auf Grund der wesentlich komplexeren Störfallproblematik (neben der Reaktionsdynamik des Prozesses ist gleichzeitig die Steuerungsdynamik der Anlage zu berücksichtigen) – höher und anders qualifizierte Operateure im Vergleich zu manuell gefahrenen Anlagen.

Der Antrieb zur Automation und zum Einsatz von PLS kommt aus der Produktion, dessen Charakteristikum die Konstanz des Produktes in seinen wesentlichen beschreibenden Parametern und Eigenschaften ist, wobei die engen Grenzen der Varianz ein Qualitätsmerkmal des Produktes sind. Die Anforderung an die geringe Varianz der Parameter und Abläufe wird oft in den betrieblichen Abläufen als die inhärente Eigenschaft des Systems interpretiert. Entsprechend wird die Anlage und zugehörige PLS ausgelegt und die Anforderungen an die Operateure festgelegt. Die Anforderungen, die aus den nicht normalen Betriebszuständen (Wartung, Reinigung, Störung, Störfall etc.) entstehen, sind allerdings völlig andere. Ein wesentliches

Merkmal dieser Zustände ist, dass sie sich teilweise nicht vorhersehen lassen oder dass sie zu komplex sind, denn sonst wären sie steuerungskontrolliert. Dies ist ja der wesentliche Grund, warum überhaupt noch Operateure in den Leitwarten verbleiben: Die Aufgabe, die unvorhersehbaren Ausfälle der ansonsten ‚überlegenen' Technik durch nicht programmierbares Handeln zu kompensieren. Entsprechend gilt für die Anweisungen und das Trainieren von Operateuren, dass sich diesen Zuständen entsprechende Handlungsabläufe nicht vorhersehbar trainieren und auch nicht durch Regeln und Anweisungen beherrschen lassen. Völlig andere Methoden sind hier gefragt. Unter anderem bedeuten diese Methoden auch andere Auswahlkriterien und Anforderungsmerkmale an die Operateure wie die, die bei der Produktherstellung zum Tragen kommen. Training kann daher hier nur wissens- oder allenfalls regelbasiert erfolgen, damit die Operateure selbständig die nicht vorhersehbaren Anlagenzustände zutreffend diagnostizieren und entsprechende, situationsadäquate, zur Problembehebung geeignete Handlungsschritte ableiten und umsetzen können.
Zur Verdeutlichung der komplexen Zusammenhänge, in denen die Arbeitsunterlagen der Operateure zwar nur eine, aber eben doch wesentliche Grundlage für das sichere Fahren des Prozesse ist, soll daher hier kurz auf die Grundlagen eingegangen werden. Die Abbildung 1.1 zeigt die Einbindung des Operateurs in die Anlage mit ihren verschiedenen Regelgrößen.

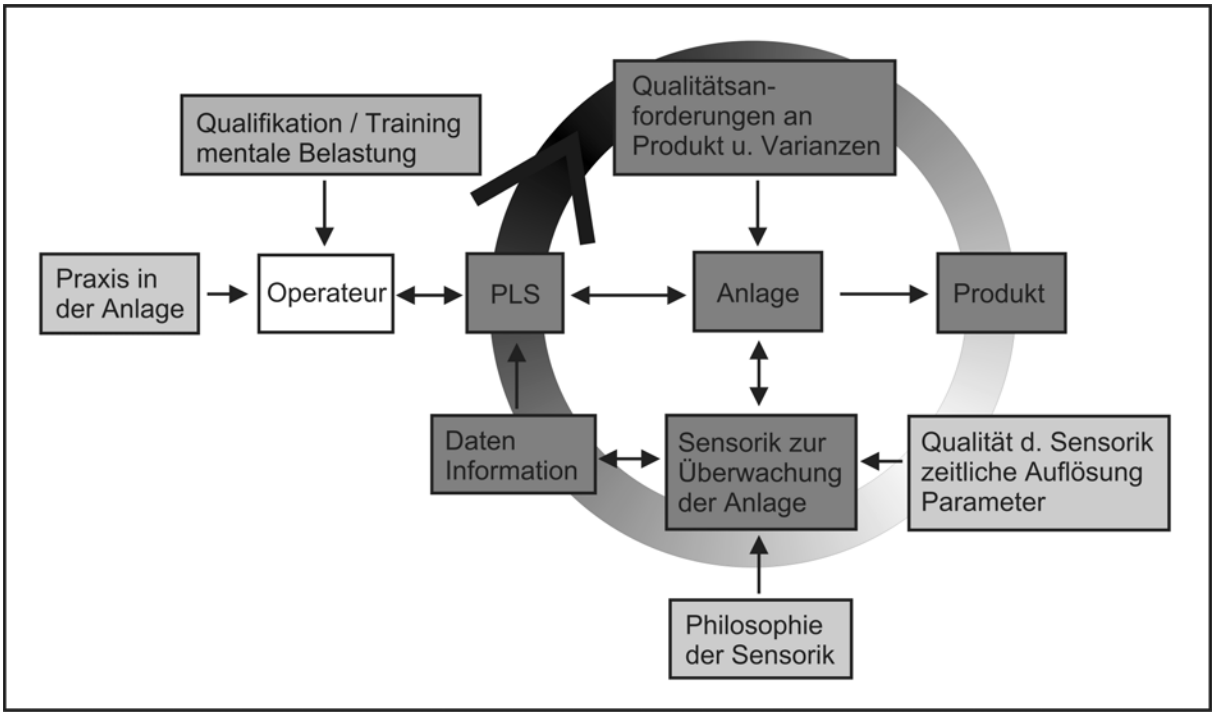


Abb. 1.1 Operateur im Regelkreis der Anlage

Gerade durch die Verwendung der PLS kann es zu einem Operateur unabhängigen Regelkreis kommen, d. h. die Anlage regelt (automatisch) einen Parameter, ohne dass der Operateur dies bemerkt. Auch stellt sich die Frage, inwieweit das PLS an die beiden Hauptanforderungen angepasst ist, nämlich an die Verfahrenstechnik der Anlage und an die Aufnahme- und Verarbeitungsfähigkeit (Leistungsgrenze) des Operateurs.

Die Einflussfaktoren, die für das sichere Betreiben einer PLS-Anlage von Bedeutung sind, werden in Abbildung 1.2 dargestellt. Daraus wird deutlich, dass die Qualifikation des Operateurs einen von mehreren Einflussfaktoren darstellt, wobei wiederum die Faktoren, die die Qualifikation des Operateurs beeinflussen in Abbildung 1.3 aufgeführt sind.

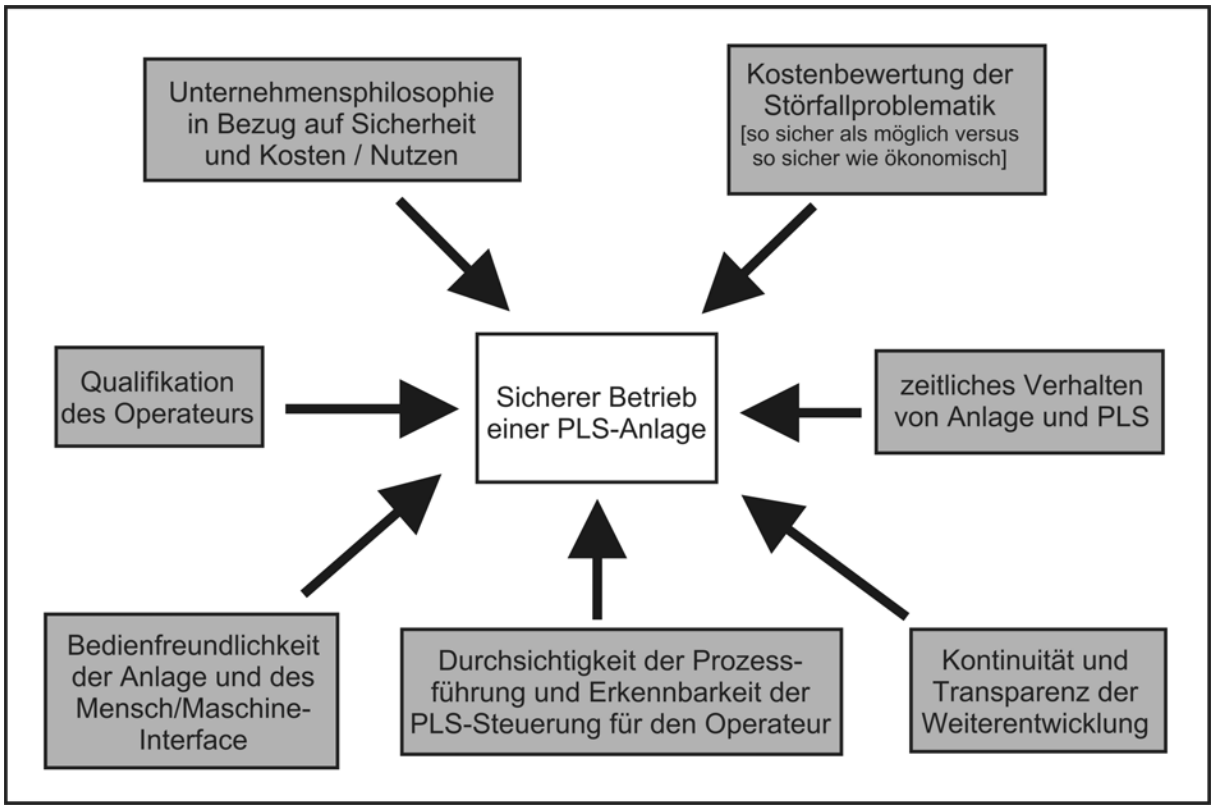

Unternehmensphilosophie in Bezug auf Sicherheit und Kosten / Nutzen
Kostenbewertung der Störfallproblematik [so sicher als möglich versus so sicher wie ökonomisch]
Qualifikation des Operateurs
Sicherer Betrieb einer PLS-Anlage
zeitliches Verhalten von Anlage und PLS
Bedienfreundlichkeit der Anlage und des Mensch/Maschine-Interface
Durchsichtigkeit der Prozess-führung und Erkennbarkeit der PLS-Steuerung für den Operateur
Kontinuität und Transparenz der Weiterentwicklung

Abb. 1.2 Einflussfaktoren auf den sicheren Betrieb einer PLS-Anlage

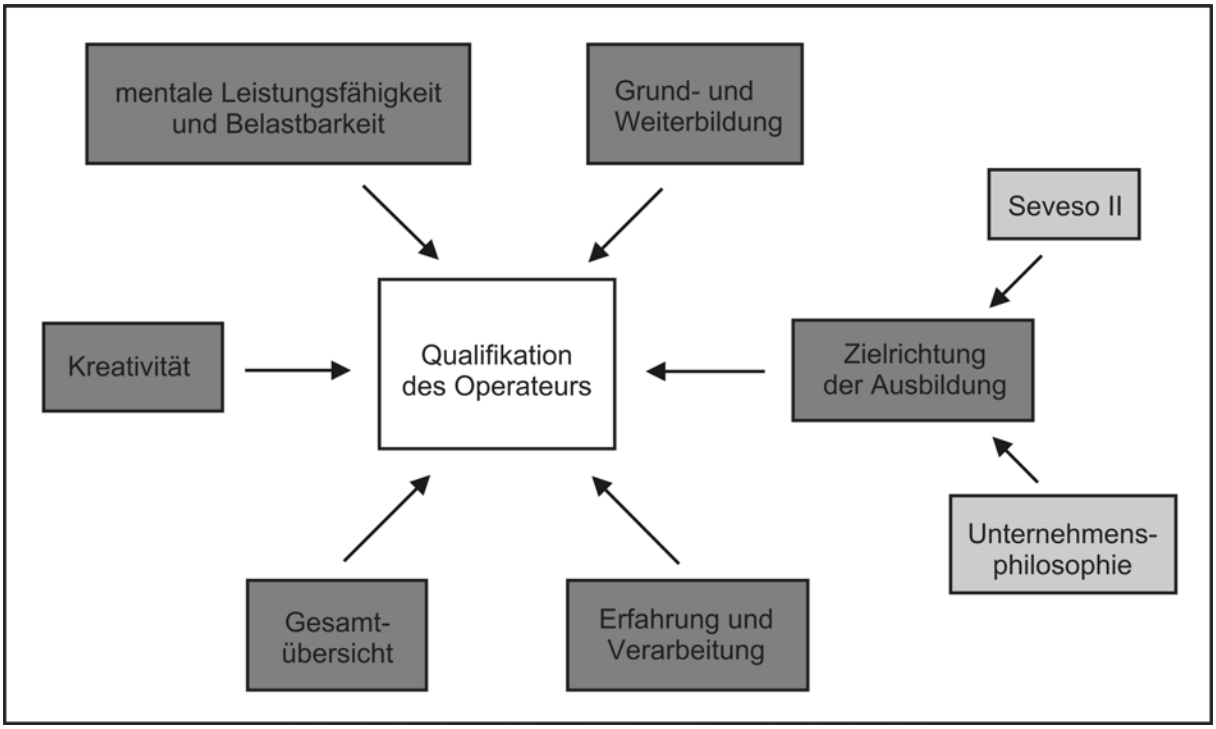


Abb. 1.3 Einflussfaktoren auf die Qualifikation des Operateurs

Für die Beurteilung der Qualifikation ist die Tiefe der theoretischen und praktischen Ausbildung sowie das Verständnis für die Anlage essentiell. Sollen die Arbeitsunterlagen für den Operateur gebrauchstaugliche Hilfsmittel darstellen, so sind sie an diese Qualifikation des Operateurs anzupassen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Philosophie der Anlagenauslegung ebenso wie die des Betriebes einzubeziehen sind. So verlangt etwa die Philosophie, die Anlage wissensbasiert zu fahren – was für die Bewältigung von Störfällen Vorteile verspricht – andere Arbeitsunterlagen als die Philosophie, eine Anlage regelbasiert oder sogar weitestgehend fertigkeitsbasiert zu fahren – in einem solchen Fall sollte den Arbeitsunterlagen eine geringere Bedeutung zukommen, obwohl dies bisher empirisch nicht belegt ist.

Während bei intendierter wissensbasierter Fahrweise Arbeitsunterlagen darauf abzielen müssten, das Wissen des Operateurs einzubeziehen und zu vergrößern, um daraus selbständig Schlussfolgerungen für eine sichere Fahrweise ableiten zu können, sollten regelbasierte Arbeitsunterlagen klare „wenn – dann Regeln“ spezifizieren, während fertigkeitsbasierte Fahrweisen verlangen sollten, in den Arbeitsunterlagen die zu trainierenden Fertigkeiten zu spezifizieren und dieses Training anzuleiten.

Neben dieser Differenzierung nach der intendierten Fahrweise einer Anlage erscheint eine Differenzierung nach dem Anlagen- bzw. Prozesszustand wichtig. So erscheint es sinnvoll, dass Arbeitsunterlagen für planbare Anlagen- und Prozesszustände

(z. B. An- und Abfahren, Normalbetrieb) anders aussehen müssen, als die für den nicht in allen seinen Details vorhersehbaren Störfall. Eine Beschränkung nur auf die genannten Betriebszustände würde jedoch einen Kernbestandteil der Problematik außer Acht lassen. So nehmen beispielsweise Wartungsarbeiten nur ca. 5 % der Betriebszeit ein, jedoch geschehen in dieser Zeit ca. 80 % der Unfälle. Die Gründe hierfür sind vielschichtig, zum einen ergeben sie sich daraus, dass nicht immer die ganze Anlage für die Wartung (eines Teilsystems) abgeschaltet werden kann, zum anderen laufen für die ausgeschalteten Systeme so viele Fehlermeldungen auf, dass durch die Häufigkeit der Alarme wirkliche Störungen nicht erkannt werden. Insofern ist es unverzichtbar, den einzelnen Betriebszuständen und ihrer Repräsentation in den Arbeitsunterlagen besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da nur problemadäquate Arbeitsunterlagen zu einer wirklichen Unterstützung der Operateure bei der Erfüllung ihrer Arbeitsaufgaben führen können.

Zusätzlich ist zu erkennen, dass die verschiedenen Zustände einer Anlage verschiedene Belastungen erzeugen, die je nach der Qualifikation der Operateure in verschiedene Beanspruchungen resultieren.

Es erscheint daher dringend geboten, die vorliegenden Arbeitsunterlagen der Operateure von PLS - gesteuerten Anlagen auf ihre Gebrauchstauglichkeit hin zu untersuchen und Anforderungen an die Gestaltung von Arbeitsunterlagen zu entwickeln. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass es mit Hilfe moderner Informationstechnologien möglich ist, diese Unterlagen nicht nur in Papierform vorzuhalten, sondern kontextsensitiv auf dem PLS oder einem weiteren Rechner zu hinterlegen, sodass ein schneller, direkter und gezielter Zugriff gegeben ist.

Die Problematik der nichtnormalen Zustände ist erst im Laufe des Projektes in dieser Schärfe sichtbar geworden. Dies insbesondere durch die im Folgenden dargestellten Literaturanalysen.

Zu Beginn des Projektes erfolgte eine umfangreiche Literaturanalyse, die sich zum einen auf die Recherche in Datenbanken nach projektrelevanten Schlagwörtern (Arbeitsunterlagen, technische Dokumentation u. a.) bezog, zum anderen auf die Analyse der gesetzlichen Anforderungen an PLS. Darüber hinaus wurden die Unfalldatenbanken der Zentralen Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen (ZEMA) und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin für Ereignisse in verfahrenstechnischen Anlagen, sowie ein Erfahrungsbericht über die Prüfung nach § 29a Abs. 1 BImSchG im Hinblick auf Ursachen,

die durch PLS oder durch mangelnde oder fehlende Arbeitsanweisungen hervorgerufen wurden, ausgewertet.

Die Analyse von Unfällen ist ein wirkungsvolles sicherheitstechnisches Werkzeug, das Risikoschwerpunkte aufzeigt und somit die Ansätze für Verbesserungen liefert. In diesem Zusammenhang soll auf eine Auswertung von Unfällen eingegangen werden, die im Zusammenhang mit anderen Studien und Projekten durchgeführt wurde, da daraus wichtige Aspekte für die Zielsetzung dieses Projektes gezogen wurden. Als Datenbasis diente zum einen eine Störfalldatenbank, die seit 15 Jahren im Fachgebiet Gefährliche Stoffe gepflegt wird und ca. 2800 Datensätze enthält. Zum anderen wurde eine Auswertung herangezogen, die im Rahmen eines BMFT - Forschungsvorhabens zum Stoffzyklus Chlor erstellt wurde. Des Weiteren konnte auf eine Datenbank mit gefährlichen Stoffen zurückgegriffen werden, die Belastungen der Arbeitnehmer durch diese Stoffe erkennen lässt. Diese Datenbank ist vertraulich. Bei der Auswertung wurde ein besonderes Augenmerk auf die verschiedenen Betriebszustände, in denen sich eine Anlage befinden kann, gelegt. Dabei wurde unterschieden in den Normalbetrieb (NB), also der bestimmungsgemäße ungestörte Produktionsbetrieb der Anlage, für den diese konstruiert und ausgelegt ist und den Nichtnormalbetrieb (NNB), unter den alle anderen Betriebszustände fallen wie Reparatur, Wartung, aber auch die Betriebsstörung und der Störfall. Zwar sind die Zustände Reparatur und Wartung (sofern sie geplant sind und nicht ad hoc stattfinden) für eine Anlage durchaus üblich und notwendig, allerdings sind sie keine durchgeplanten Normalzustände einer Anlage, da zwar oft der zeitliche Rahmen gegeben ist, sich der sachliche und verfahrenstechnische Ablauf jedoch häufig erst bei der Durchführung ergibt, da der genaue Zustand der Anlage vor deren Öffnung üblicherweise nicht bekannt ist. An dieser Stelle sei auf das Kapitel 3.2.3.1 verwiesen, in dem zu den hier verwendeten Begriffen auf die in der Literatur und der Praxis gängigen Definitionen der einzelnen Betriebszustände eingegangen wird.

Aufgrund von Befragungen in der chemischen Industrie und aus der Analyse der oben genannten Datenbanken ergab sich, dass die zeitliche Verteilung der normalen und nichtnormalen Betriebszustände im statistischen Durchschnitt 9:1 beträgt, dass heißt, dass sich eine Anlage im Jahr zu 90 % der Gesamtlaufzeit im normalen Produktionsprozess befindet. Bei diesem Durchschnittswert sind wirtschaftlich bedingte Stillstandzeiten nicht berücksichtigt. Das zeitliche Ausmaß der tatsächlichen nichtnormalen Betriebszeiten schwankt je nach Art, Wartungszustand und Alter der Anla-

ge erheblich und kann weniger als 5 % und bis zu 15 % betragen. Die hier angesetzten 10 % sind ein repräsentativer Mittelwert. Die bei uns vorliegende Unfalldatenbank wurde für dieses Projekt nach der Unfallhäufigkeit während der Normal- und Nichtnormalbetriebszeiten ausgewertet. Es zeigte sich, dass sich ein großer Teil der Unfälle während der nichtnormalen Zustände ereignet. Dieser Sachverhalt ist in der Abbildung 1.4 dargestellt, in der die prozentuale Verteilung der Zahl der Unfälle selbst, aber auch die Zahl der Toten und Verletzten aufgetragen sind.

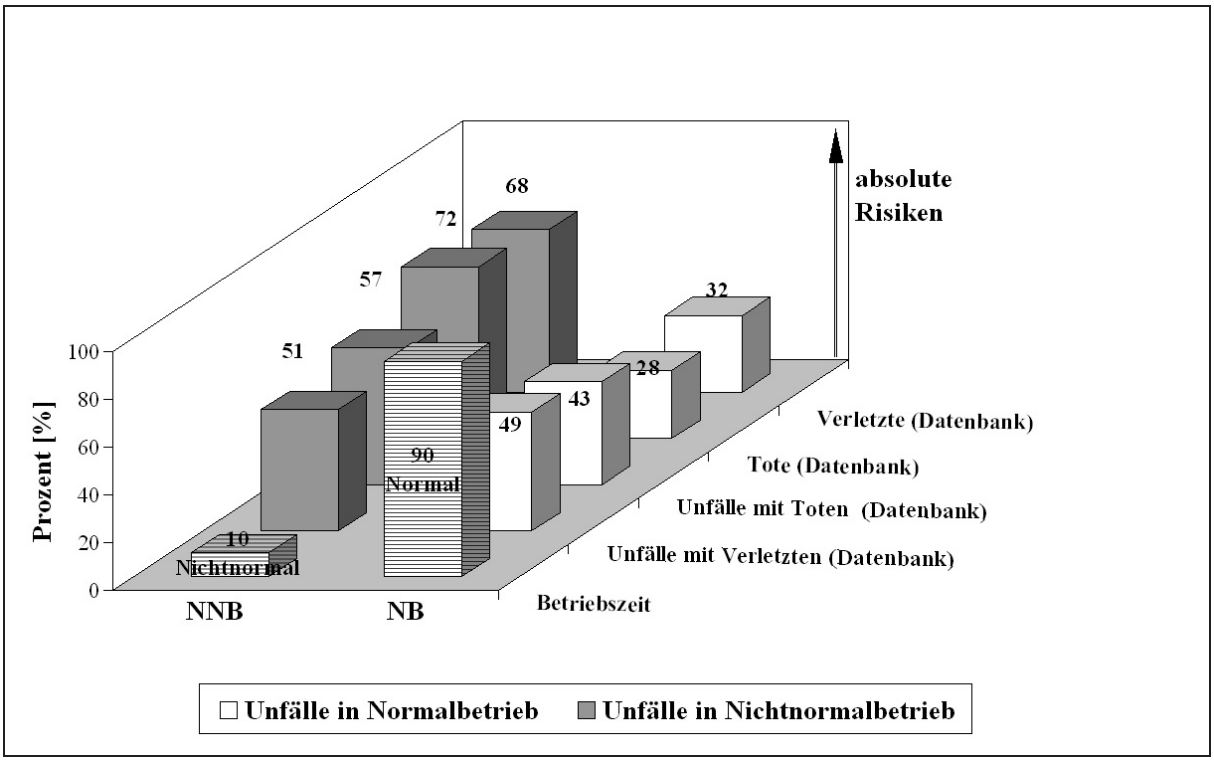


Abb. 1.4 Vergleich der absoluten Risiken zwischen Normal- und Nichtnormalbetrieb (interne Datenbank)

In dieser Darstellung ist noch keine Berücksichtigung der unterschiedlichen Betriebszeiten der beiden Zustände erfolgt. Für die Ermittlung der zeitbezogenen Risiken wurden nun die Unfallzahlen auf die Zeitdauer der Zustände bezogen, was ein deutlich höheres Risiko für die nichtnormalen Zustände ergibt wie die Abbildung 1.5 aufzeigt.

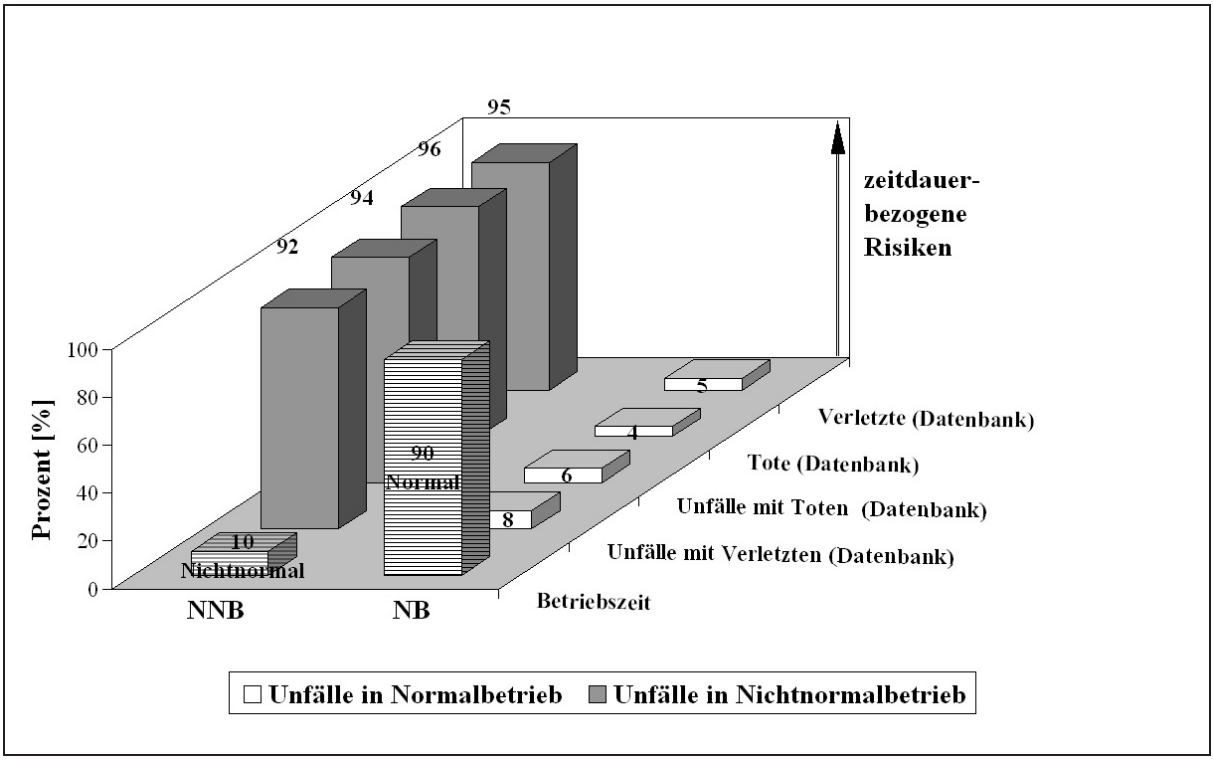


Abb. 1.5 Vergleich der zeitbezogenen Risiken (interne Datenbank)

Um diesen Sachverhalt zu bestätigen, wurden zusätzlich weitere Datensammlungen von Unfällen zur Auswertung herangezogen. Diese stammen aus einer Studie, die im Rahmen eines BMFT Forschungsvorhabens zum Stoffzyklus Chlor erstellt wurde sowie aus einer Untersuchung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin über Unfälle mit gefährlichen Stoffen.

In der Abbildung 1.6 ist die prozentuale Verteilung der tödlichen Unfälle sowie der Chlorunfälle mit Verletzten aufgetragen. Es ist ersichtlich, dass sich auch hier der überwiegende Teil der Unfälle während der nichtnormalen Betriebszustände ereignete.

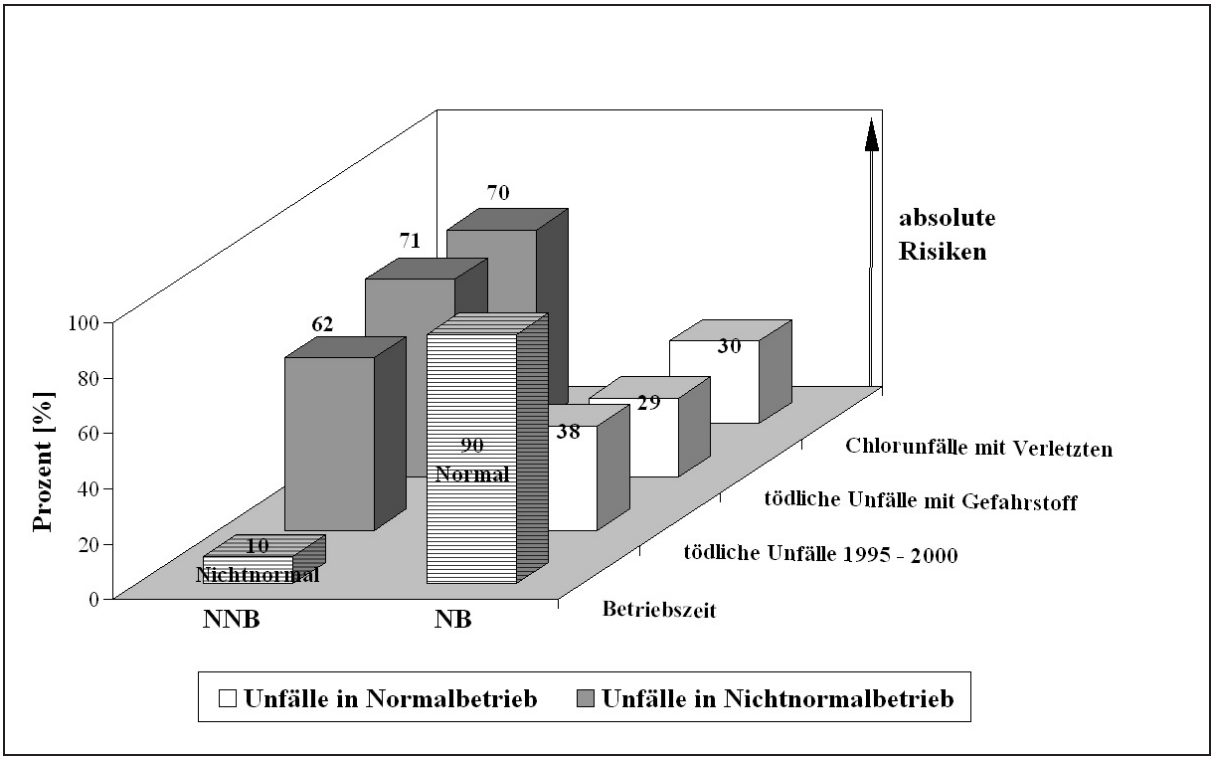


Abb. 1.6 Vergleich der absoluten Risiken zwischen Normal- und Nichtnormalbetrieb (externe Daten)

Anschließend erfolgte auch bei diesen Daten die Berücksichtigung der unterschiedlichen Betriebszeiten der beiden Zustände für die Ermittlung der zeitbezogenen Risiken, wobei die Unfallzahlen auf die Zeitdauer der Zustände bezogen wurden. Wie die Abbildung 1.7 aufzeigt, ergibt sich ebenfalls ein deutlich höheres Risiko für die nichtnormalen Zustände.

Werden die Ergebnisse der in den Abbildungen 1.5 und 1.7 dargestellten Untersuchungen zusammengefasst, so ergibt sich ein auf die Zeitdauer bezogenes durchschnittliches Risiko der nichtnormalen Zustände von 95 %. Mit anderen Worten das Verhältnis der Risiken zwischen den normalen betrieblichen Produktionszuständen, auf die sich das Hauptaugenmerk des Gesetzgebers, aber auch die betrieblichen Sicherheitsanforderungen richten, und den nichtnormalen Betriebszuständen, die sehr schwer voraus geplant und strukturiert werden können, beträgt 1:19. Oder noch anders ausgedrückt, das Risiko der Normalbetriebszustände zu den Nichtnormalbetriebszuständen ist fast zu vernachlässigen.

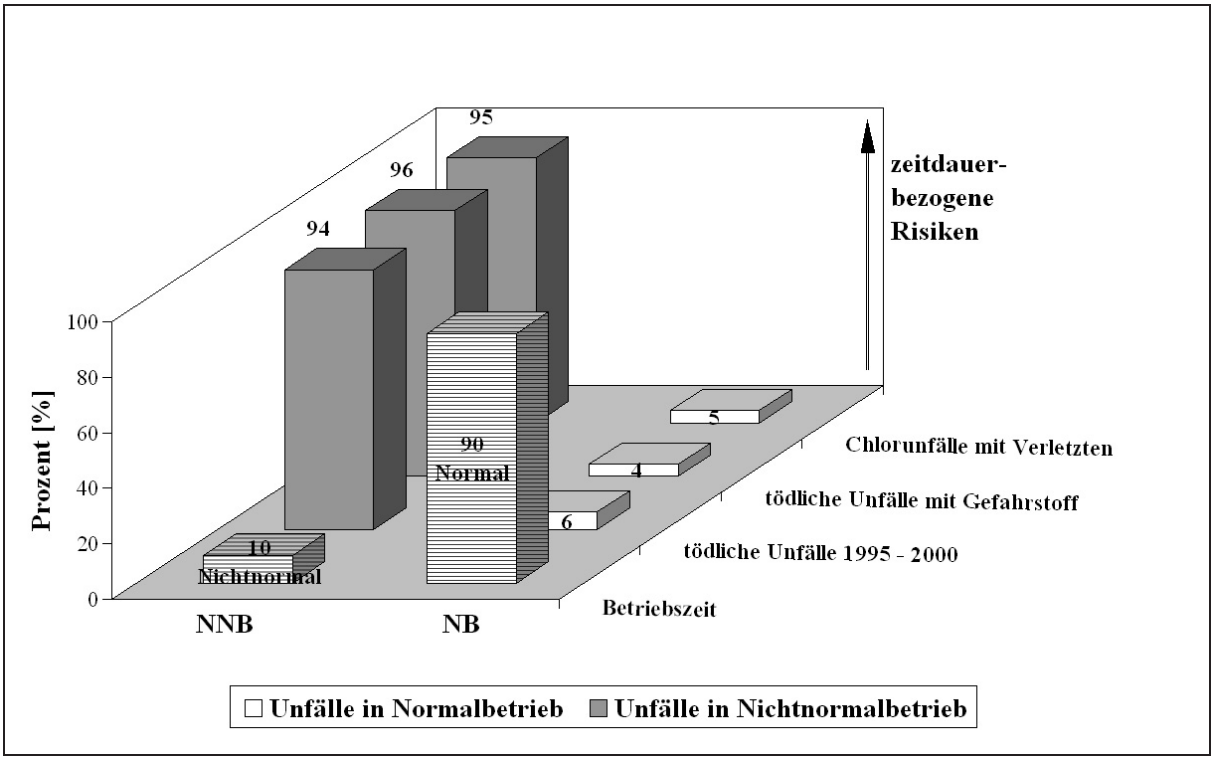


Abb. 1.7 Vergleich der zeitbezogenen Risiken (externe Daten)

Hiermit konnte also der Sachverhalt aufgedeckt werden, dass die nichtnormalen Zustände ein großes Gefährdungspotential in sich bergen, was bei der Bearbeitung des Projektes nicht ohne Folgen sein kann und besonders berücksichtigt werden muss, da gerade bei diesen Zuständen automatisierte Handlungsabläufe nicht oder nur sehr bedingt zum Einsatz kommen können. In der Industrie ist die stark steigende Tendenz zu beobachten aus wirtschaftlichen Gründen, aber auch um „man power“ einzusparen, möglichst viele Prozesse und Tätigkeiten zu automatisieren. Diese Tendenz kann vordergründig durchaus zur Erhöhung der Sicherheit beitragen, wenn die reine Anzahl der Störfälle oder Störungen zum Maßstab der Bewertung gemacht werden.

Das ein Schwerpunkt der Gefährdung in den nicht normalen Produktionsabläufen liegt, wird auch durch bei einer Auswertung von Arbeitsplatzmessungen im Rahmen eines Projektes zur Ermittlung der inhalativen und dermalen Exposition bei verschiedenen Schutzstufen an Hand von Gefahrstoffkonzentrationsmessungen deutlich. Dabei erfolgte eine Auswertung von über 6600 Arbeitsplatzmessungen nach dem prozentualen Anteil der Grenzwertüberschreitungen an den Gesamtmessungen der jeweils bemessenen Schutzstufe unterteilt in offene und geschlossene Verfahrenstechnik (VT). Es konnte festgestellt werden, dass es bei der Verwendung einer ge-

schlossenen Verfahrenstechnik zu keinen Grenzwertüberschreitungen bei dieser Datensammlung kommt wie in Abbildung 1.8 dargestellt.

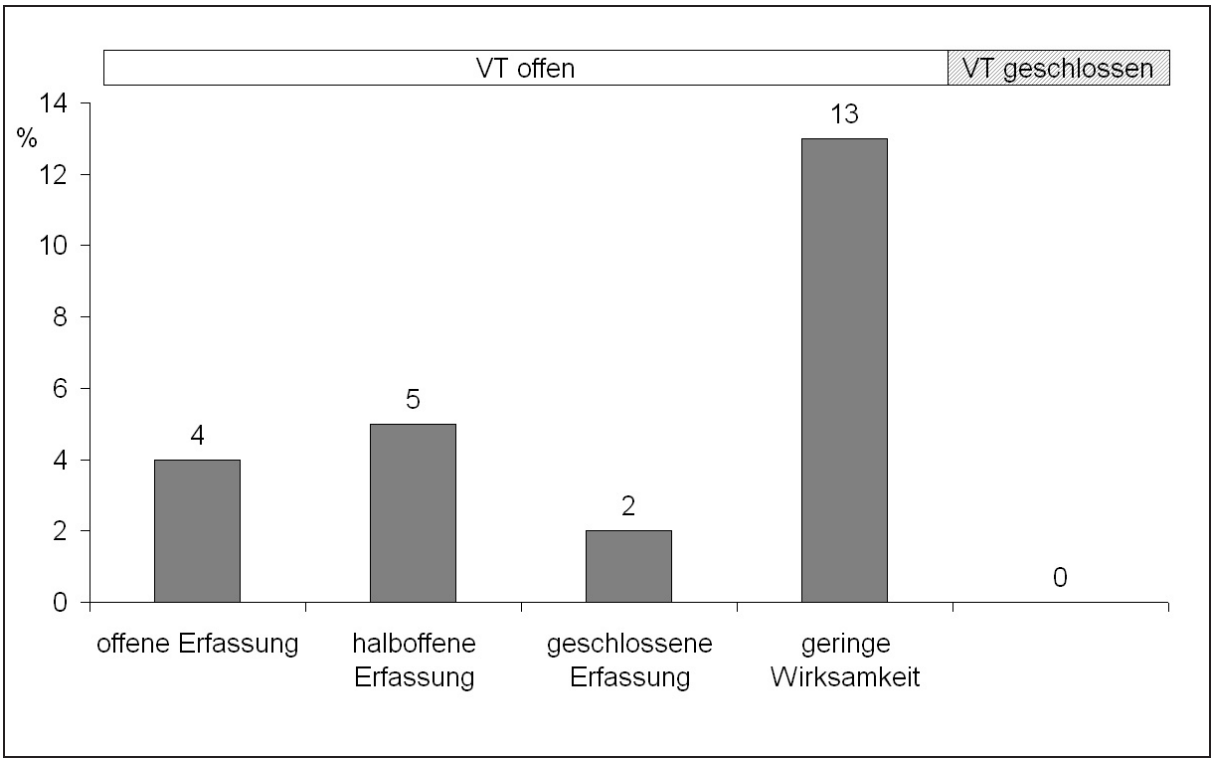


Abb. 1.8 Prozentualer Anteil der Grenzwertüberschreitungen pro Schutzvorrichtung

Wie im vorherigen Abschnitt ausgeführt, wird auch bei dieser Untersuchung die Sichtweise unterstützt, dass der Risikoschwerpunkt auf den nichtnormalen Betriebszuständen liegt, wo eine Automatisierung kaum möglich ist, sodass generell zu folgern ist, dass bei der Ermittlung der Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operateure diese Zustände besonders betrachtet und behandelt werden müssen. Dieser Aspekt ist aber auch für die Qualifikation der Operateure zu berücksichtigen.

Deshalb wurde für den nächsten Schritt im Projektablauf, den Untersuchungen in den fünf Betrieben, eine detaillierte Aufteilung der Betriebszustände nötig, um eine möglichst differenzierte Betrachtung bei der Analyse der Aufgaben, Handlungsabläufe und Qualifikation der Operateure durchzuführen. Daraus ergab sich eine Einteilung in drei übergeordnete Bereiche, die im Kapitel 3.2.3.1 näher erläutert werden und in den folgenden Kapiteln der Auswertung durch Piktogramme gekennzeichnet wurden, um die Übersichtlichkeit zu gewähren.

Weiterhin wurden die den Operateuren in den einzelnen Betrieben zur Verfügung stehenden Arbeitsunterlagen gesichtet und nach einem einheitlichen Schema bewertet.

Aus den theoretischen und praktischen Erkenntnissen heraus erfolgte abschließend die Herausarbeitung der Schwachstellen und die Darstellung von „best practice“ Beispielen sowie die Erarbeitung von Vorschlägen für die Erstellung von Anforderungen an die Arbeitsunterlagen, wobei der Schwerpunkt auf die risikoreichen Nichtnormalzustände gelegt wurde. Bei der Erarbeitung der Vorschläge war nur der Sicherheitsaspekt interessant, formale Kriterien (Schriftbild u. a.) wurden nur am Rande berücksichtigt.

Bei den untersuchten Betrieben konnte festgestellt werden, dass von den Operateuren ein Eingreifen bei kleineren Störungen bzw. Abweichen von Parameterwerten aus ihrem Durchschnittsbereich und bei nichtnormalen Zuständen erwartet und verlangt wird, dass jedoch für den Fall eines Störfalls ein automatisches Fahren der Anlage in einen sicheren Zustand programmiert ist.

In Bezug auf die Störfallproblematik und besonders auf die Anforderungen der Störfall-Verordnung wird von der Industrie, so wie sie sich artikuliert (z. B. auf den Loccumer Tagungen), die Sicht aber auch die Politik vertreten, dass in einer Anlage, die der Störfall-Verordnung unterliegt, es zu gefährlich sei die Operateure in einem sich entwickelnden Störfall helfend eingreifen zu lassen. Die Anlage müsse bei solchen Situationen durch das PLS ohne Eingriff in einen sicheren Ruhezustand überführt werden. So wurde in einem Vortrag im Rahmen einer Tagung zum Thema des Faktors Mensch in industriellen Betriebsabläufen in Loccum 2003 dargelegt, dass der menschliche Faktor nur ein Thema mit Potential in den Bereichen Gesundheitsschutz (Ergonomie) und Wirtschaftlichkeit (Vermeidung von Primärfehlern) ist. Diese Haltung ist problematisch.

Wie weiter oben angeführt, besteht die größte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Störfalls bei nichtnormalen Betriebszeiten bei denen es von Anlage zu Anlage verschieden ist, ob sie in Gänze, partiell oder überhaupt nicht vom PLS gesteuert wird. Auf alle Fälle ist eine Beteiligung der Operateure in diesen Situationen an der Risikobewältigung nahezu unumgänglich. Zum anderen gibt es Anlagen bei denen es sehr problematisch ist (z. B. Energieversorgung, Grundstoffproduktion) sie in einen Ruhezustand zu überführen.

2 Informationsquellen

In den folgenden Kapiteln werden die verschiedenen Informationsquellen dargestellt, die für den vorliegenden Bericht als Grundlage für die Ermittlung der Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operateure dienten.
Zum einen erfolgte eine umfangreiche Literaturanalyse, um den bisherigen Wissensstand bezüglich des Projektthemas zu ermitteln. Des Weiteren wurden Datenbanken mit Ereignissen in verfahrenstechnischen Anlagen ausgewertet sowie eine Umfrage bei PLS-Herstellern durchgeführt, womit ein erster Praxisbezug des Themas hergestellt wurde.
Im letzten Abschnitt werden die wichtigsten und arbeitsaufwendigsten Quellen, die Betriebe, in denen die Untersuchungen durchgeführt wurden, dargestellt.

2.1 Literaturanalyse

Die Literaturanalyse lässt sich in vier Arbeitspakete differenzieren, die z. T. zeitgleich, zum Teil nachfolgend abgearbeitet wurden. Das erste Arbeitspaket ist die Suche und Beschaffung der Literatur. Zum Projektbeginn wurde die Ausschreibung dahingehend analysiert, welche Suchbegriffe (z. B. PLS, Anlagensicherheit, Operateur, Ausbildung, Bedienkonzept und Arbeitsunterlagen) Berücksichtigung finden sollen. Als nächstes war zu überlegen, auf welche Suchinstrumentarien zurückgegriffen werden soll und welche einzusetzen sinnvoll sind. Danach wurde die Recherche in Datenbanken (CEAB, CEABA, Technik / Biotechnologie, DECHEMA e. V., ZDEE, ZDE Elektrotechnik / Elektronik, FIZ Technik), Internet und im Bibliotheksverbandkatalog durchgeführt. Als letzter Schritt wurde in einigen internationalen Datenbanken mit den dafür herausgearbeiteten Schlagwörtern recherchiert.
Das folgende Arbeitspaket bei der Literaturrecherche bestand aus der Sichtung und Strukturierung der Literatur anhand der Kurzreferate, danach wurden die Quellen zusammengefasst und nach Themengebieten (Prozessleitsystem und Operateur) strukturiert.
Als dritter Punkt wurde aus der Literatur der „Stand des Wissens“ herausgearbeitet und der Schwerpunkt der Defizite identifiziert.

Im letzten Arbeitspaket wurden die Maßnahmen für das weitere Vorgehen herausgearbeitet.
Die Ergebnisse für die einzelnen Themengebiete werden in den entsprechenden Abschnitten im Kapitel 3 (Auswertung) dargestellt.

2.2 Datenauswertung aus der Praxis

In diesem Kapitel werden drei unterschiedliche Auswertungen von Daten über Prozessleitsysteme und Arbeitsunterlagen aus der Praxis vorgestellt.
Zum Ersten wurden Informationen aus einer Datenbank der BAuA sowie ein Jahresbericht des Umweltbundesamtes /UBA 02/ mit Ereignissen in verfahrenstechnischen Anlagen ausgewertet, um die sicherheitstechnische Relevanz von Arbeitsunterlagen herauszustellen.
Als letztes erfolgt ein Vergleich unterschiedlicher Prozessleittechnik-Fehler, der auf dem Bericht „Auswertung der Erfahrungsberichte über Prüfung der Sachverständigen nach § 29a Abs. 1 BImSchG“ vom Technischen Ausschuss für Anlagensicherheit (TAA) beruht /TAA 02/.
Von besonderem Interesse sind dabei die Fehler, die durch die PLS hervorgerufen wurden sowie Unfälle, die auf mangelhafter oder fehlender Dokumentation beruhen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse für die Erstellung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operateure werden im Kapitel 3 (Auswertung) näher ausgeführt. An dieser Stelle wird die Vorgehensweise der Auswertung dargestellt sowie ein Überblick über die Datenquellen gegeben.

2.2.1 Datenbank der BAuA

Für die Auswertung lag eine Auswahl (Stichwort „Anweisungen“) der Datenbank vor, die insgesamt 31 Ereignisse enthielt, wobei es sich bei 13 um Ereignisse nach Störfall-Verordnung handelte. Zwar handelt es sich nicht explizit um Ereignisse, die mit der Steuerung von Anlagen durch Prozessleitsysteme zusammenhängen, jedoch lassen sich hier generelle Schwerpunkte erkennen, die zum Auftreten von Störungen führen. Anhand der ausgewählten Ereignisse sollte ermittelt werden, ob es bei bestimmten Tätigkeiten oder Betriebszuständen zu einer Häufung von Fehlern aufgrund

mangelhafter bzw. fehlender Betriebsanweisungen kommt, sodass hieraus auch Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operateure von PLS ermittelt werden können. Um sicher zu gehen, dass diese Daten nicht aus völlig anderen Anlagentypen generiert wurden, erfolgte eine Aufteilung nach den unterschiedlichen Industriezweigen wie in der folgenden Abbildung 2.1 dargestellt.

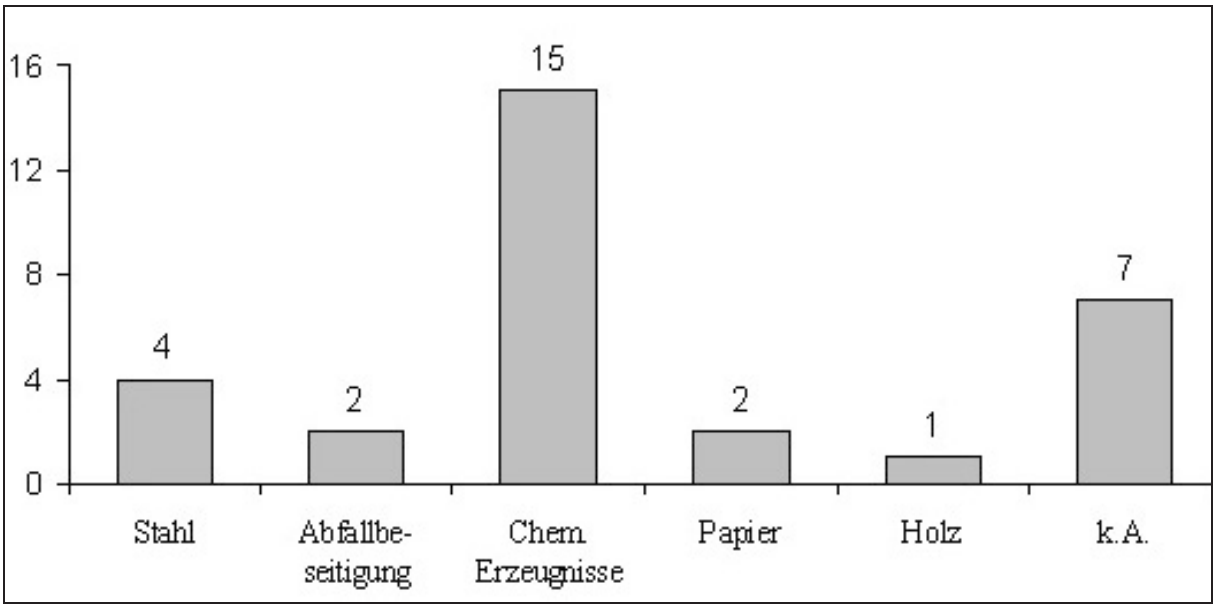


Abb. 2.1 Aufteilung nach Anlagenart

Auch wenn aufgrund der nicht großen Anzahl keine statistische Auswertung möglich ist, lässt sich feststellen, dass die überwiegende Zahl der Anlagen mit chemischen Erzeugnissen zu tun hat, also in Bezug auf das Projekt vernünftig ist, sodass weitere Auswertungen folgen können.

Zu Beginn der Auswertung wurden die Ereignisse in die Betriebszustände:

- Reinigung / Wartung
- Beschickung
- Reparatur
- Betrieb
- Arbeiten außerhalb der Anlage

aufgeteilt, wobei sich die in der Abbildung 2.2 dargestellte Verteilung ergab.

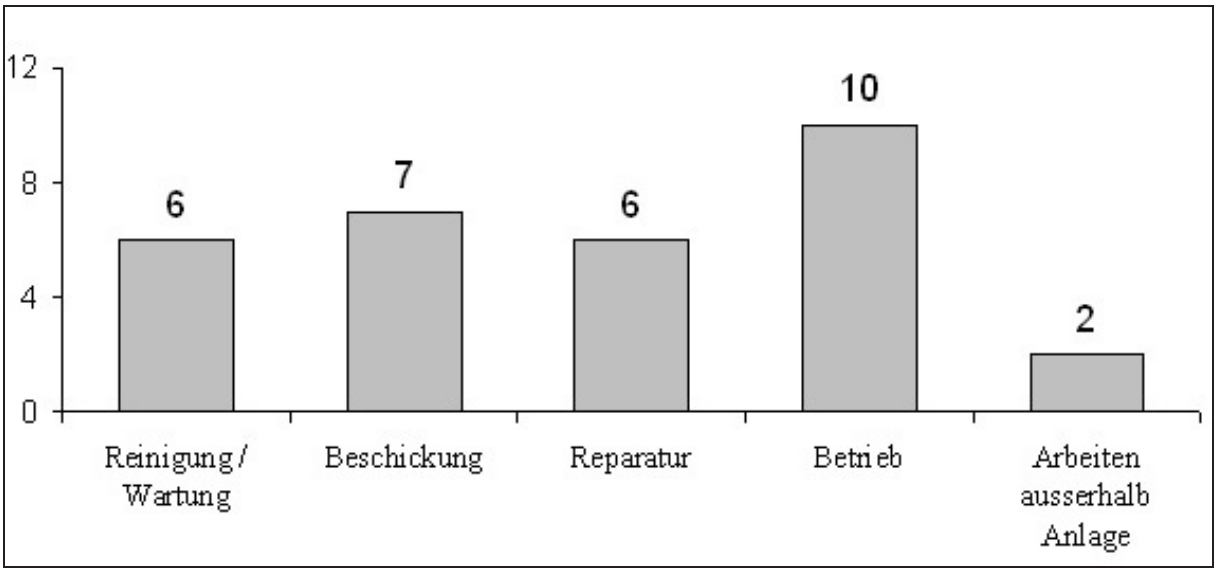


Abb. 2.2 Aufteilung der Betriebszustände

Hierbei ist zu erkennen, dass nur zehn Ereignisse in der üblichen Produktion aufgetreten sind, wohingegen die restlichen 21 Ereignisse auf andere Bereiche entfallen. Dies trifft sich mit den in der Einleitung dargestellten Ereignissen in Bezug auf die Bedeutung der Betriebszustände außerhalb der Produktion. Insofern sollte ein besonderes Augenmerk auf diese Betriebszustände bei den Anforderungen an Arbeitsunterlagen gerichtet werden.

Dann wurden die Ereignisse hinsichtlich der getroffenen Maßnahmen seitens des Anlagenbetreibers bzw. der Behörde nach folgenden Punkten eingeteilt:

- technische Änderungen
- Belehrung / Schulung
- Betriebsanweisung ändern / erstellen
- externe Überprüfung der Anlage
- keine Angabe (k. A.)

Die folgende Abbildung 2.3 zeigt die Aufteilung der Maßnahmen.

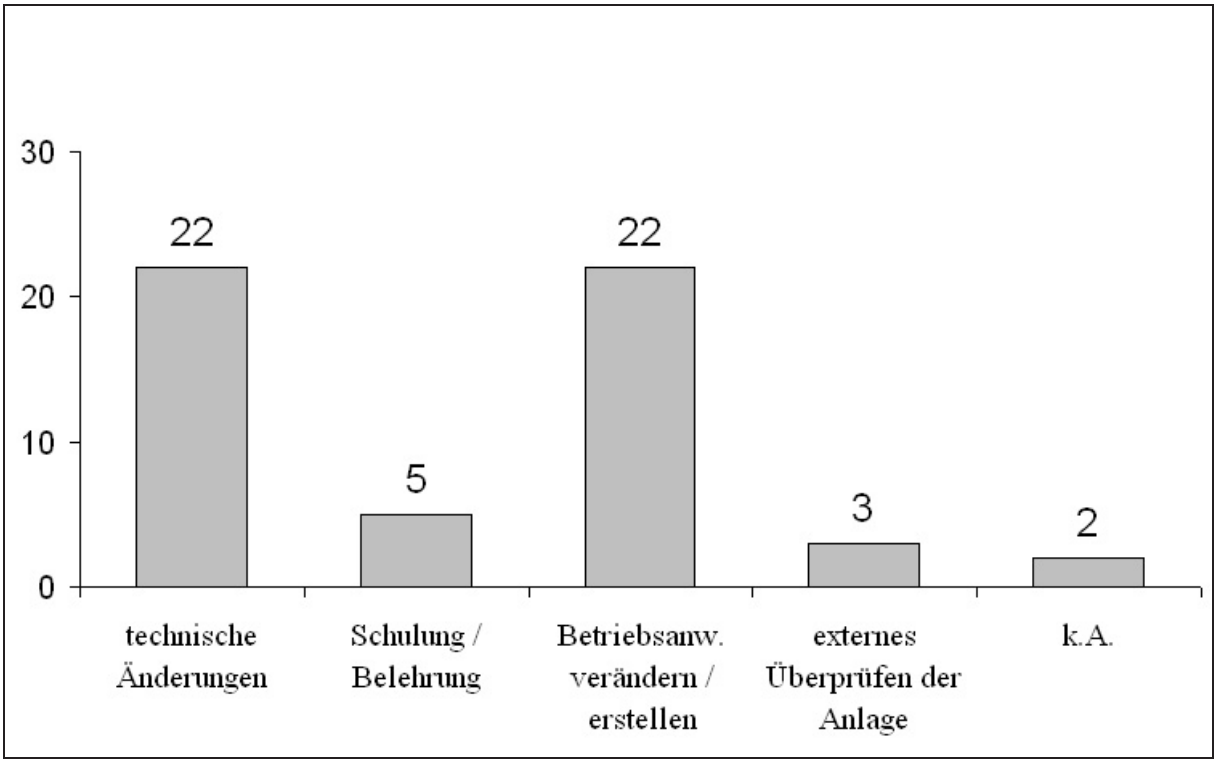


Abb. 2.3 Durchgeführte Maßnahmen durch Betreiber / Behörde (Mehrfachnennungen möglich)

2.2.2 Jahresbericht 2000 des Umweltbundesamtes

Für eine weitere Auswertung wurde auf den Jahresbericht 2000 der „Zentralen Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen“ (ZEMA) des Umweltbundesamtes zurückgegriffen. Es wurde der Bericht aus dem Jahr 2000 ausgewählt, da durch die Umsetzung der Seveso-II-Richtlinie (96/82/EG) die dadurch erforderlich gewordene Neufassung der Störfall-Verordnung zu einer neuen Definition der meldepflichtigen Ereignisse führte. Neben den auch schon bisher meldepflichtigen Störfällen und Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs mit bestimmter Gefährdungswirkung sind nunmehr auch alle Ereignisse meldepflichtig, aus denen sicherheitsrelevante Erkenntnisse gewonnen werden können (z. B. Beinaheunfälle). /UBA 02/

In dem Bericht sind 24 Ereignisse aufgeführt, von denen fünf für dieses Projekt von Bedeutung sind. Bei vier dieser Ereignisse wurden im Anschluss sowohl technische Maßnahmen ergriffen als auch eine Überarbeitung bzw. Erstellung der Betriebsanweisung gefordert. In einem Fall erfolgte zusätzlich eine Schulung der Mitarbeiter.

Aufschlussreich ist das fünfte Ereignis, dass durch eine nicht-bestimmungsgemäße Reaktion aufgrund einer Fehlchargierung hervorgerufen wurde. Neben einer unbewussten Fehlbedienung des PLS durch den Anlagenfahrer wurde vom Sachverständigen die unzureichende Vorgabe für die Programmierung bzw. Auslegung des PLS als Ursache für die Fehlchargierung bemängelt. Die Programmierung bzw. Auslegung des PLS war danach nicht geeignet, sicherheitsrelevante Fehlbedienungen zu erkennen und deren Ausführung zu verhindern.

2.2.3 Erfahrungsberichte des TAA

Der Vergleich der unterschiedlichen Prozessleittechnik-Fehler bezieht sich auf den Bericht „Auswertung der Erfahrungsberichte über Prüfung der Sachverständigen nach § 29a Abs. 1 BImSchG“ vom Technischen Ausschusses für Anlagensicherheit (TAA).
Im Kapitel 1.2.3 „Schematische Auswertung der Erfahrungsberichte“ erfolgt die Angabe der „Art und Häufigkeit der bei den Prüfungen festgestellten bedeutsamen Mängel“ in Tabelle 4, wobei die Anlagentypen gemäß der Einteilung des Anhangs zur 4. BImSchV sortiert sind. Dabei von besonderem Interesse sind die Fehler der PLS und der Dokumentation, die unter die Mängelcodes der Klasse 4 und 10 aufgeführt sind.
Da die Mängelcodes unterschiedliche Fehler beinhalten, sind die Fehlerarten in den separaten Tabellen 2.1 und 2.2 genauer erläutert. /TAA 02/

2.2.3.1 Mängelcodes

Bei der Auswertung fanden nur die Mängelcodes Berücksichtigung, die in direktem Zusammenhang mit Fehlern in der PLS (Obergruppe 4) oder der Dokumentation (Obergruppe 10) standen. Die folgenden beiden Tabellen sind eine Zusammenfassung der Erläuterungen zu dem jeweiligen Mängelcode aufgeführt.

Tab. 2.1 PLS-basierte Fehler

Mängelcode 4.0: MSR- Schutzeinrichtungen.	• MSR- Technik nicht ausreichend gewartet, unvollständig ausgeführt und unzureichend systemanalytisch betrachtet. • Ausführung, Dokumentation und Prüfung von MSR- Schutzeinrichtungen ungenügend • MSR- Schutzeinrichtungen nicht gemäß EN 60204-1
Mängelcode 4.1: Einstufung der PLS	• Fehlende Einstufung der PLS nach VDI / VDE 2180 • Einstufung des Anlagen- Aus- Systems als Schutzeinrichtung nicht nach DIN 19250 bzw. VDI / VDE 2180 • Einstufung einer Sauerstoffanalyse als MSR- Schutzeinrichtung
Mängelcode 4.2: MSR-Technik, Warneinrichtungen, Notabschaltung, Schutzeinrichtung, Überwachung.	• Fehler bei der Errichtung der PLS • MSR- Einrichtung nicht vollständig, nicht ordnungsgemäß oder fehlerhaft ausgeführt • z. T. fehlende und nicht wahrnehmbare optische und akustische Warneinrichtungen • Fehlende / fehlerhafte Kennzeichnung und fehlende Prüfvorschriften von MSR- Einrichtungen; MSR- Technik entspricht nicht den Anforderungen • Anlage ging bei einem Ansprechen der Abrisskupplung nicht auf NOT-AUS; MSR-Technik nicht ordnungsgemäß oder fehlerhaft ausgeführt • MSR-Technik entspricht nicht den Anforderungen, fehlerhafte Ausführung der MSR-Technik, MSR-Schutzeinrichtungen nicht gemäß EN 60204-1 • Überwachung der Anlage ist nicht sichergestellt

Tab. 2.2 Auf Dokumentation basierte Fehler

Mängelcode 10.0: Gefahrenabwehrpläne, Dokumentation und Genehmigung	• Fehlbedienung nicht durch organisatorische Maßnahmen unterbunden • Alarm- und Gefahrenabwehrpläne mangelhaft • Anlagendokumentation entspricht nur teilweise den Vor- Ort- Begebenheiten • Verdacht auf nicht genehmigungskonformen Umbau der Anlage
Mängelcode 10.1: Alarm- und Gefahrenabwehrpläne.	• Unvollständige Gefahrenabwehrpläne • Alarm- und Gefahrenabwehrpläne mangelhaft • Alarm- und Gefahrenabwehrpläne nicht aktualisiert, nicht angepasst oder auf Grund falscher Grundlagen erstellt • Mangel an Unterweisung der Beschäftigten für den Gefahrenfall
Mängelcode 10.2: Kennzeichnung	• Fehlende Gefahrenschilder
Mängelcode 10.3: Betriebsanweisung / Dokumentationsänderung:	• Fehlende Betriebsanweisungen • Dokumentationsänderungen waren trotz Anlagenumbau in 1998 nicht vorgenommen worden
Mängelcode 10.4: Alarm / Gefahrenabwehrpläne, Dokumentation, Betriebsanweisung, Aktualisierungen	• Fehlende Dokumentation und Betriebsanweisung für Folgemaßnahmen • Alarm- und Gefahrenabwehrpläne mangelhaft • Fehlende Aktualisierung der Sicherheitsanalyse

2.2.3.2 Verteilung der Mängelcodes auf die Branchen

Um bezüglich der Anforderungen zu Arbeitsunterlagen auf besondere Defizite von Branchen eingehen zu können, wird die genaue Verteilung der einzelnen Mängelcode – Anteile in den jeweiligen Betrieben untersucht. Im nachfolgenden Balkendiagramm 2.4 ist gut zu sehen, wie sich der oben gezeigte Prozentsatz auf die einzelnen Fehlerarten verteilt. Zur besseren Übersicht wurde eine Y-Achsen-Skalierung von 50 % bis 100 % gewählt. Da der Prozentsatz der Nicht-PLS-Fehler und Nicht-Dokumentationsfehler bei allen Betrieben bei mehr als 60 % liegt, macht es also Sinn, das Hauptaugenmerk auf die verbleibenden 40 % zu richten.

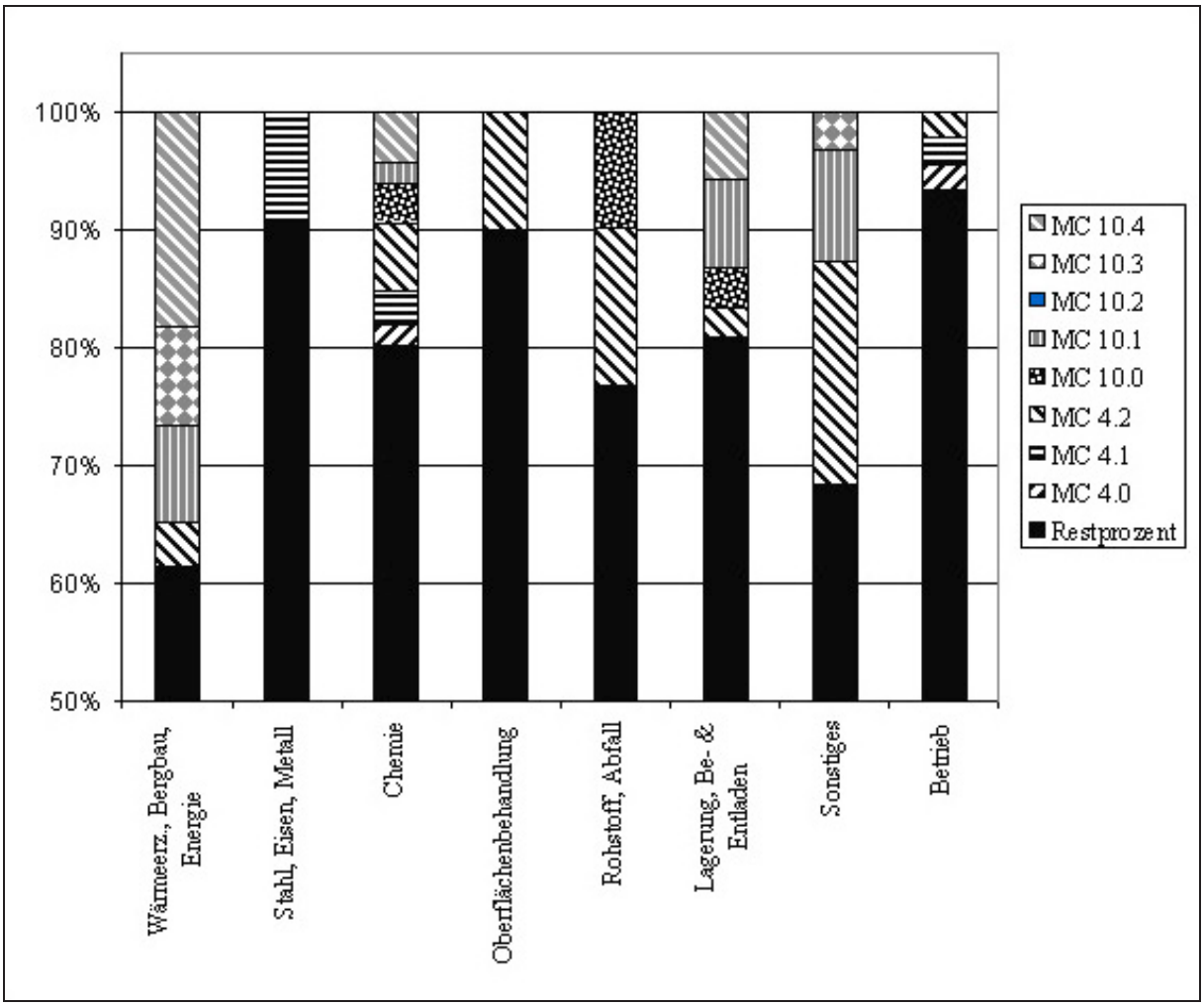


Abb. 2.4 Mängelcode-Verteilung der einzelnen Branchen

Betrachtet man hier die Branchen Energie und Chemie (die untersuchten Betriebe stammen aus diesen Branchen), so liegen die Mängel bezüglich der Dokumentation am stärksten im Bereich Aktualisierung der Sicherheitsanalyse und der Dokumente

sowie im Fehlen von Betriebsanweisungen für Folgemaßnahmen (beides Fehler von MC 10.4). Dadurch werden ggf. unerwünschte Betriebszustände begünstigt und ihre Auswirkungen sind verstärkt.

Betrachtet man die Mängel der PLS, so ist der gravierende Punkt in beiden Branchen ein Fehler in der Umsetzung der PLS (siehe MC 4.2). Dieser Sachverhalt resultiert, bedingt durch die fehlende Aktualisierung von Dokumenten, hauptsächlich in Bezug auf die Sicherheitsanalyse.

Hier werden Defizite bezüglich Aktualisierung der Dokumente (Gewährleistung und Kontrolle) deutlich.

Eine Betrachtung der Mängelcodes über die Jahre 1999 – 2001 für die Chemiebranche zeigt, dass bei den Mängeln des Codes 4 ein stetiger Anstieg zu verzeichnen ist wie in Abbildung 2.5 dargestellt. Außerdem liefern die Mängel zu Code 10 den größten Beitrag. Das unterstreicht die Bedeutung von der Dokumentation bzw. die Aktualisierung dieser.

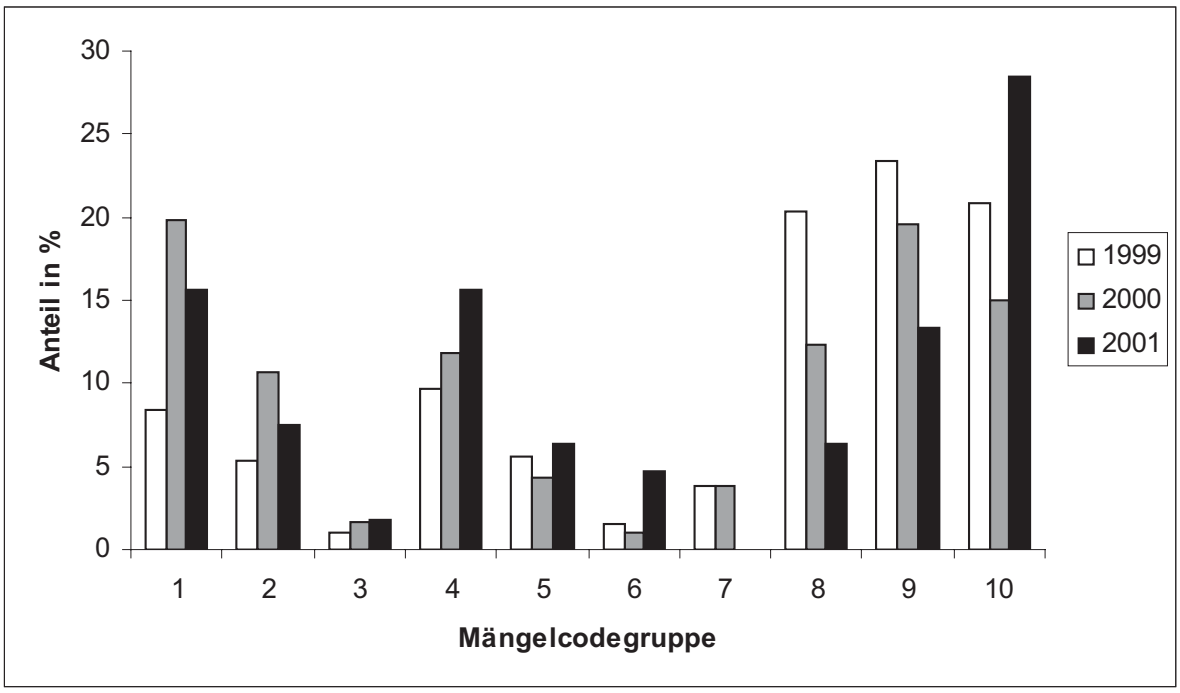


Abb. 2.5 Verteilung der Mängelcodegruppen (nur Chemie) über die Jahre 1999 - 2001

2.3 Hersteller von PLS-Einrichtungen

Hier handelt es sich um eine Umfrage, die bei PLS-Herstellern durchgeführt wurde. Diese Umfrage ergab aufschlussreiche Erkenntnisse bezüglich der Entwicklung und Konzeption von PLS, besonders im Hinblick auf die Einbindung des Operateurs und der Wichtigkeit von Arbeitsunterlagen.

2.3.1 Umfrage bei Herstellern von Prozessleitsystemen

Im Rahmen einer Studienarbeit an der Bergischen Universität Wuppertal wurde eine Umfrage bei Herstellern von Prozessleitsystemen durchgeführt. Dafür erfolgte die Entwicklung eines Fragebogens mit sechs Fragengruppen, in denen Daten zum Betrieb, Tätigkeitsfelder, Ergonomiestandards, Stellung des Operateurs, Entwicklung der PLS sowie die Angaben zu Arbeitsunterlagen abgefragt wurden.
Nach Fertigstellung des Fragenbogenkataloges Mitte Oktober 2002 wurden 36 ausgewählte Firmen mit der Bitte kontaktiert, den Erhebungsbogen auszufüllen und diesen zurückzusenden.
Die Resonanz auf das erste Anschreiben war noch sehr gering, sodass an die Firmen ein zweiter Aufruf gestartet wurde. Nach diesem zweiten Anschreiben lagen acht Fragebögen beantwortet und fünf Absagen vor, von 23 Unternehmen erfolgte trotz vorheriger telefonischer Zusage keine Antwort. Die Reaktionsquote liegt erfreulich hoch, da mehr als ein Fünftel der Betriebe den Fragebogen beantwortete, wodurch ein Resümee gezogen werden kann und eventuelle Trends zu erkennen sind. Unter Berücksichtigung der fünf Absagen wird sogar eine Antwortquote von mehr als einem Drittel erreicht.

<u>Aufbau und Inhalt des Fragebogens</u>
Der Fragebogen gliederte sich in sechs Fragengruppen, die im Folgenden näher beschrieben werden.

- Angaben zum Betrieb (Fragengruppe I)

Zur Einordnung der Betriebe enthielt diese Gruppe Fragen zu der Größe des Betriebes (Zahl der Arbeitnehmer, jährlicher Umsatz) und zu Kooperationen mit anderen Betrieben sowie zu Referenzlisten.

- Tätigkeitsfelder / Grundlagen des Betriebes (Fragengruppe II)

In dieser Gruppe wurden zum einen die Bereiche abgefragt für die der Betrieb PLS erstellt. Zum anderen wurden Fragen zu den rechtlichen Grundlagen (VDI- und Ergonomie-Richtlinien, DIN) gestellt.

- Aktualität der Kenntnisse / Ergonomie (Fragengruppe III)

Bei dieser Fragengruppe stand die Informationsbeschaffung zum Stand der Technik sowie die Aktualisierung dieser Kenntnisse im Vordergrund. Auch die zeitliche Dauer bis zur Umsetzung des neuen Wissens wurde ermittelt. Des Weiteren enthielt diese Gruppe Fragen zur Berücksichtigung von Farbkonzeption und Vigilanzleistung.

- Einbindung/Stellenwert des Operateurs (Fragengruppe IV)

Die vierte, sehr wichtige Fragengruppe betraf die Aufgabenfelder, die der Operateur in den unterschiedlichen Betriebszuständen zu erfüllen hat sowie die Größenordnung des Dialogs des Operateurs mit der Bedienoberfläche und dem vorgegebenen Handlungsspielraum. Des Weiteren wurden Fragen zu der Einbindung des Operateurs bei der Planung des PLS gestellt. Außerdem wurden Angaben zur Ausbildung, Schulung und Weiterbildung der Operateure ermittelt.

- Entwicklungen von PLS (Fragengruppe V)

In dieser Gruppe wurden sicherheitstechnisch relevante Angaben zu der Berücksichtigung der unterschiedlichen Betriebszustände (Normal, Reparatur, Wartung, Reinigung) und von Störfällen bei der Planung des PLS sowie zur Durchführung von Worst-Case-Analysen ermittelt. Auch die Einbindung von Sicherheitsfachleuten und des Operateurs im Vorfeld der Einrichtung wurde abgefragt.

- Unterlagen des PLS (Fragengruppe VI)

Die letzte Gruppe enthielt Fragen zu den Unterlagen, die für das PLS erstellt werden und in welcher Form sie vorliegen sowie zu weiteren mitgelieferten Informationen.

2.3.2 Ergebnisse

Drei der antwortenden Unternehmen haben weniger als zehn Mitarbeiter, die Hälfte mehr als 21 Mitarbeiter und eine Firma sogar 120 Mitarbeiter.
Die überwiegende Zahl der Unternehmen (sieben von acht), die geantwortet haben, arbeiten mit Kooperationsunternehmen zusammen. Die meisten dieser Kooperationsunternehmen sind größer als die angeschrieben Betriebe selber. Einige dieser Kooperationsunternehmen sind entweder auch selber Hersteller von Prozessleittechnik oder Großabnehmer wie Siemens, Daimler-Chrysler, RWE, Bayer AG und ABB. Die weiteren Ergebnisse sind im Kapitel 3 (Auswertung) in den jeweiligen Abschnitten ausgeführt.

2.4 Betriebe

Im diesem Kapitel werden die untersuchten Betriebe vorgestellt. Sie werden anonymisiert dargestellt. Es wird jedoch Wert darauf gelegt, die Produktionsabläufe und die Gegebenheiten in den jeweiligen Leitwarten so detailliert wie möglich darzustellen, um die erhaltenen Ergebnisse im richtigen Kontext zuordnen zu können. Jedem Betrieb wurde ein Kennbuchstabe (A-E) zugeordnet, wobei diese Kennbuchstaben im Folgenden auch für weitere Ausführungen und Erläuterungen zu den Untersuchungen sowie deren Ergebnisse Verwendung finden. Die untersuchten Betriebe wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:
Zum einen sollten die Betriebe der Störfall-Verordnung unterliegen, da im Kontext der Problematik von Chemieanlagen, solche von besonderem sicherheitstechnischen Interesse sind, zum anderen sollten verschiedene Betriebsgrößen (Mitarbeiterzahl, Umsatz) und Betriebsarten (kontinuierlich, diskontinuierlich) vertreten sein. Auch die verwendeten Prozessleitsysteme sollten sich von der Art, dem Aufbau und dem Alter her unterscheiden. Eine Unterscheidung bei diesen Kriterien lässt einen Einfluss auf die Art, die Vielzahl sowie auf die Qualität der vorhandenen Arbeitsunterlagen vermuten und somit auch eine Unterscheidung bei den zu ermittelnden Anforderungen an die Arbeitsunterlagen.
Nachdem die Betriebsleitungen mehrere Betriebe angesprochen und das Projektthema dargestellt wurden, kristallisierten sich fünf Betriebe heraus, bei denen sowohl eine Bereitschaft zur Zusammenarbeit bestand als auch eine große Vielfalt der ge-

nannten Kriterien erfüllt wurde. Von den fünf Betrieben unterliegen alle bis auf den Betrieb B und den Betrieb E der Störfall-Verordnung. In der nachfolgenden Tabelle ist ein Überblick über wichtige Kennzahlen der Betriebe dargestellt.

Tab. 2.3 Kennzahlen zur Beschreibung der Betriebe

Betrieb	A	B	C	D	E
Anlage bzw. Betriebsbereich nach der Störfall-Verordnung	ja	nein	ja	ja	nein
Prozessart	konti	konti	batch	konti	-
Mitarbeiter (Gesamt)	3700	2300	500	2300	-
Mitarbeiter (Anlage)	30	4	10	8	8
PLS-Operateure	5	4	4	2	5
Schichtsystem der PLS-Operateure	3	3	2	3	3
Einführung des PLS (Jahr)	1988	1999	2001	1996	2000
Anzahl der PLS-Stationen	2	1	1	7	2

Zu Beginn der Betriebsanalysen erfolgte mit dem Betriebsleiter und dem Schichtführer eine Begehung der Anlage, um einen Überblick über die Verfahrenstechnik und die in der Anlage durchzuführenden Tätigkeiten zu erhalten. Anschließend wurden mehrtägige Untersuchungen in den Leitwarten vorgenommen, bei denen anhand eines Leitfadens Fragen zur Produktion, zum PLS, zu den Aufgaben und Qualifikationen der Operateure sowie zu den Arbeitsunterlagen erarbeitet wurden.

Dabei wurde der Begriff der Arbeitsunterlage möglichst weit gefasst, eine Definition ist in einem nachkommenden Kapitel gegeben. Für eine weitere detaillierte Auswertung und Beurteilung der Arbeitsunterlagen sowie für einen Vergleich zwischen den unterschiedlichen Betrieben wurden Beispiele aus den vorliegenden Unterlagen ausgewählt.

Des Weiteren wurden Gespräche mit den in den Betrieben für die Erstellung und Bereitstellung von Arbeitsunterlagen zuständigen Personen geführt, die aus den Bereichen Werksleitung, Arbeits- und Umweltschutz, EDV und PLS kamen.

2.4.1 Betrieb A

2.4.1.1 Allgemeine Informationen

Die Anlage dient der Luftzerlegung zur Herstellung technischer Gase. Hierzu wird Luft nach dem Lindeverfahren verflüssigt und anschließend fraktionierend destilliert. So lassen sich neben Stickstoff auch noch die Industriegase Sauerstoff, Neon, Argon, Krypton und Xenon gewinnen. Nach dem Verfahren wird Luft auf etwa 200 bar verdichtet und in einem Gegenströmer abgekühlt. Bei der anschließenden Expansion am Drosselventil kühlt sich, dem Joule-Thompson-Effekt entsprechend, die Luft ab. Diese Luft wird wiederum in einem Kreislauf dem Gegenströmer zugeführt und dient so dem Herunterkühlen der komprimierten Luft. In diesem Kreisprozess sinkt die Temperatur soweit, bis die durch Expansion erzielte Kälteleistung ausreicht, um die Luft zu verflüssigen. Die technischen Gase werden gasförmig oder druckverflüssigt abgegeben, teilweise als Direktversorgung, teilweise erfolgt eine Abfüllung in Lastwagen (Trailer) und Kesselwagen. Zusätzlich wird ein Restgassammelbehälter vorgehalten in dem die Restgase der unterschiedlichen Anlagen mit Wasserstoff vermischt und an das Kraftwerk abgegeben werden. Die Anlagen laufen im vollkontinuierlichen Betrieb. Während eines vollständigen Stromausfalls kann die Stickstoffproduktion noch im Notbetrieb mit Dampf aufrechterhalten werden. Dies ist wichtig, weil Stickstoff häufig für die sicherheitstechnische Inertisierung in Prozessen verwendet wird. Sollte auch die Dampferzeugung ausfallen, stehen drei Lagertanks mit einem Gesamtvolumen von 1,4 Mio. m^3 Stickstoff zur Verfügung. Der Betriebsbereich setzt sich aus drei Luftzerlegungsanlagen (Anlage 3, 4 und 5) zusammen. Die Anlagen 3 (Baujahr 1963) und 4 (Baujahr 1980) werden noch analog bedient (Tafeltechnik). Die Anlage 5 (Baujahr 1988) wird über drei Bedienpulte mit einem PLS gesteuert.

2.4.1.2 Produktionsablauf

Luftverdichtung

Für die Luftzerlegung durch fraktionierte Destillation der flüssigen Luft sind die Siedepunktunterschiede der einzelnen Komponenten ausschlaggebend. Um diese Trennmethode anzuwenden, muss die zuvor gefilterte Luft zunächst einmal in einer Kältekaskade verflüssigt werden.

Rektifikationskolonne

Sie besteht aus der so genannten geheizten Destillierblase und der Säule mit eingebauten Sieb- und Glockenböden. Das zu trennende Gemisch wird in der Destillierblase vorgeheizt und tritt dann in die Säule ein.

Sauerstoffverdichtungsanlage

Diese Anlage arbeitet mit Kolbenverdichtern. Der Verdichtungsprozess erfolgt durch die Bewegung des Kolbens. Ein Kolbenverdichter arbeitet mit Raumvergrößerung zum Ansaugen und Raumverkleinerung zum Verdichten mit stetiger dynamischer Druckerzeugung. Bei dieser Anlage sind fünf Kolbenverdichter hintereinander angeordnet. In der folgenden Abbildung 2.6 wird die Verfahrenstechnik schematisch dargestellt.

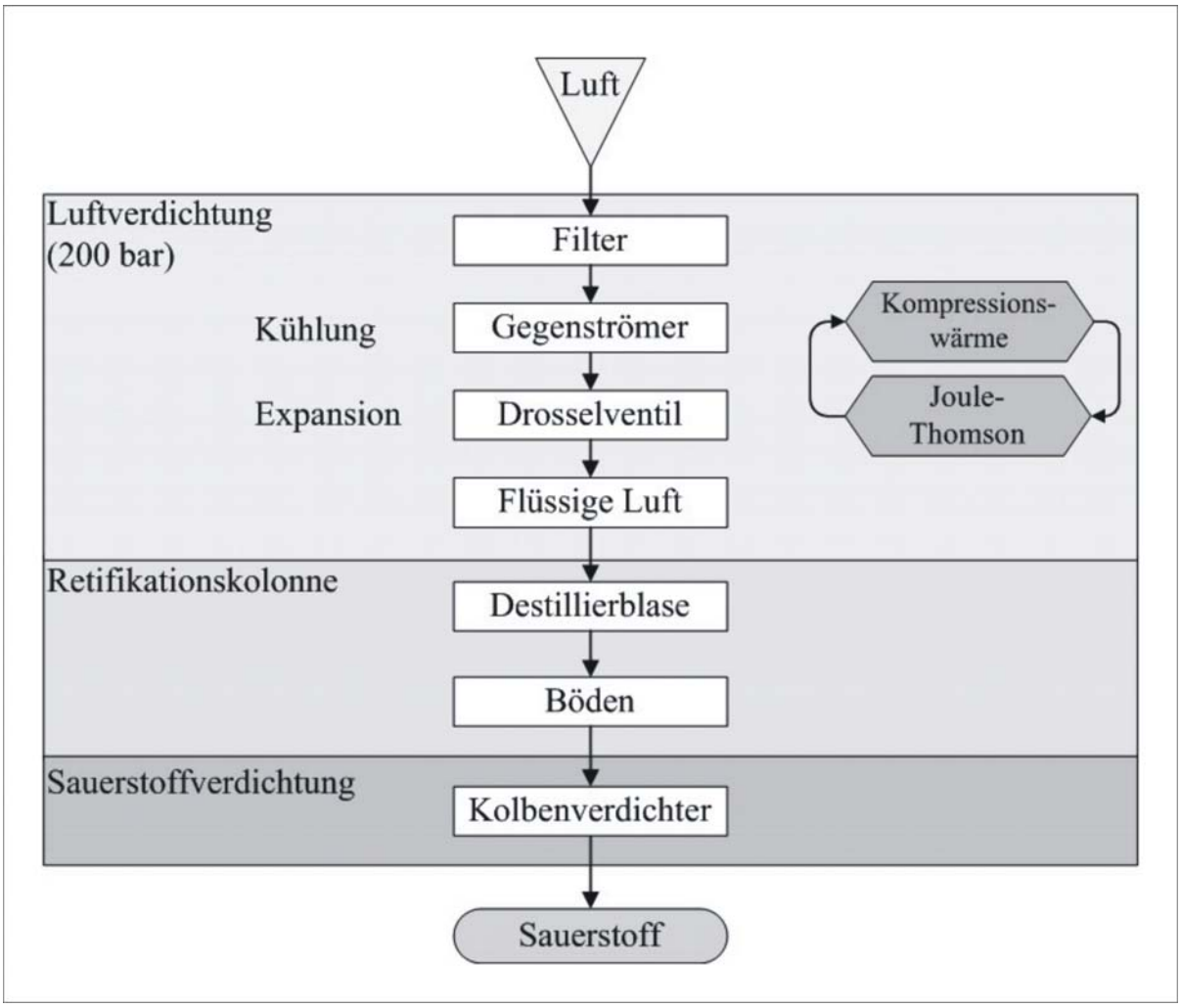


Abb. 2.6 Schematische Darstellung des Gesamtprozesses von Betrieb A

2.4.1.3 Personalstruktur, Organisation und Schichtsystem

Die Anlage wird 24 Stunden pro Tag an 365 Tagen im Jahr betrieben. Es wird im so genannten Fliegerschichtsystem gearbeitet, d. h. es werden zwölf Stunden während der Tagschicht gearbeitet, dann folgen 24 Freistunden, dann zwölf Stunden Nachtschicht an die sich 48 Freistunden anschließen. Für die Schichtübergabe sind 15 min vorgesehen.
In einer Schicht arbeiten mindestens fünf Mitarbeiter, wovon mindestens zwei in der Warte anwesend sein müssen. Um diese Besetzung zu gewährleisten werden insgesamt 30 Personen benötigt.

2.4.2 Betrieb B

2.4.2.1 Allgemeine Informationen

Die Anlage ist erst seit 1999 in Betrieb und somit im sehr guten Zustand. Sie dient der Herstellung von Styrenschaum, das ist extrudiertem Polystyrolhartschaum.
Das Produkt findet Anwendung bei der Isolation/Wärmedämmung im Hausbau und bei der Fabrikation von Kühlcontainern. Aufgrund der hohen Abriebfestigkeit werden Start- und Landebahnen durch Bekleben mit Styrenschaum vor Vereisen geschützt. Es werden im Jahr etwa 220 000 m^3 Polystyrolhartschaum gefertigt. Die Platten können mit 3 unterschiedlichen Profilen und Maßen hergestellt werden.

2.4.2.2 Produktionsablauf

Der Prozess der Extrusion von Polystyrolhartschaum erzeugt eine Vielzahl kleiner, nahezu homogen verteilter, geschlossener Zellen und sorgt damit für eine hohe Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit, eine besonders hohe mechanische Belastbarkeit und eine langfristig gute Wärmedämmfähigkeit. Für die Herstellung wird das Polystyrol-Granulat mit verschiedenen Feststoffen versetzt, beispielsweise Flammschutzmitteln, und dann in einem Extruder geschmolzen. Gasförmige Stoffe (Treibmittel) werden mit Hochdruck in die Masse gepresst. Die dabei entstehende homogene Masse wird durch eine schmale Düse gepresst (extrudiert). Nach dem Passieren der Düse lassen die in dem Polystyrol gelösten Treibmittel das Produkt kontinuierlich

aufschäumen. Als Rohmaterial werden Bariumstearat (Bast), Polystyrol, Tetranatriumpyrophosphat (TNPP) und Polyethylen eingesetzt. Als Entflammungshemmer wird dem Ausgangsprodukt Hexabromcyclodekan (HBCD) zugesetzt. Zusätzlich kommt zur Farbgebung ein organischer Kupferkomplex zum Einsatz. Ziel der Styrenschaumproduktion ist es, trotz einer hohen Abriebsfestigkeit eine möglichst hohe Verschäumung und somit geringe Dichte zu erreichen. Als Treibmittel zur Verschäumung wird bevorzugt Ethanol genutzt, weil es sich im Polymer löst. Die Abbildung 2.7 gibt eine Übersicht über die Verfahrenstechnik.

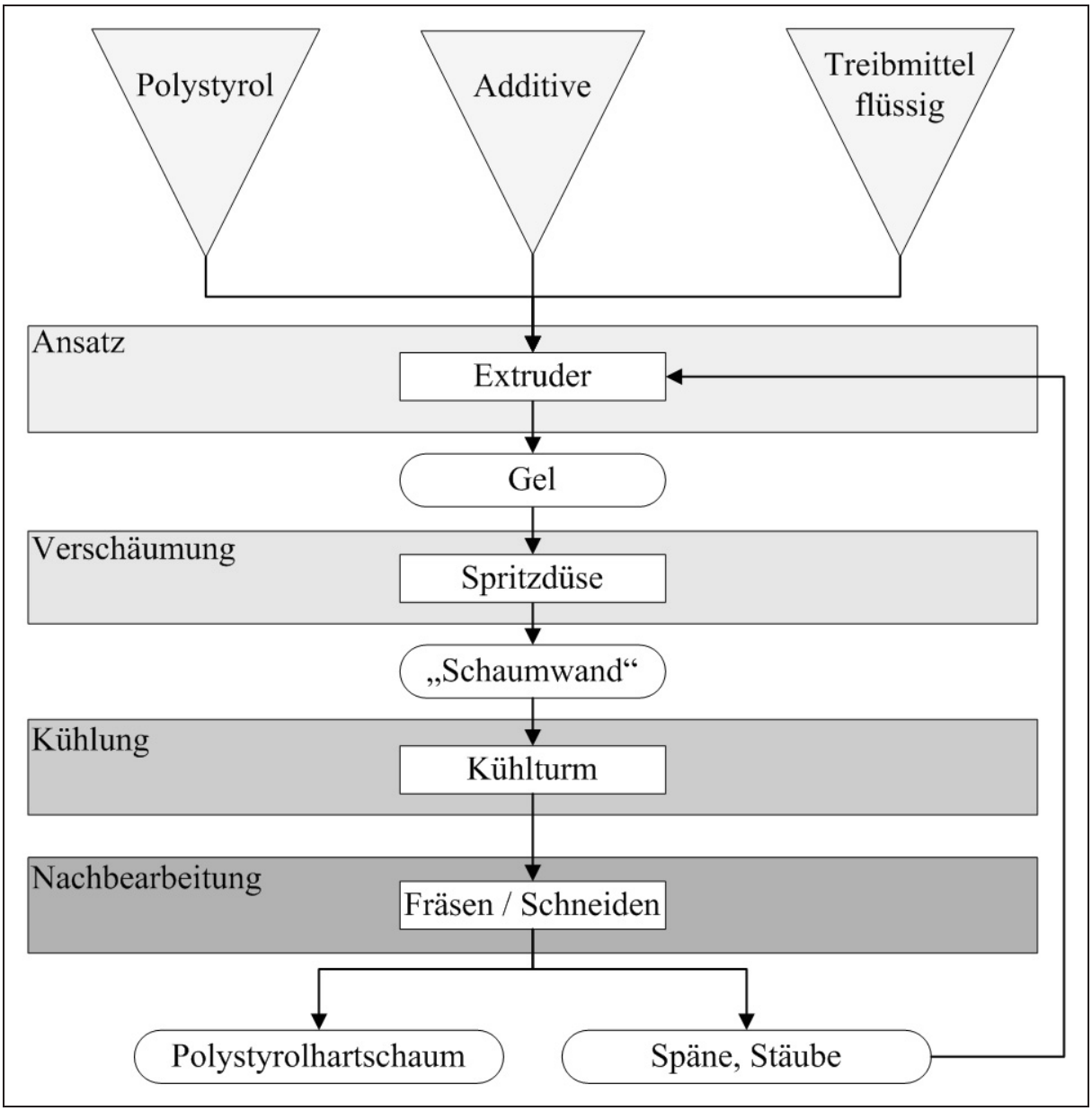


Abb. 2.7 Übersicht über die Verfahrenstechnik von Betrieb B

2.4.2.3 Personalstruktur, Organisation und Schichtsystem

In dem Betriebsbereich arbeiten im Normalbetrieb 20 Operateure, drei Ingenieure und ein Produktionsleiter.
Für die Anlage stehen fünf Schichten zur Verfügung. Drei Schichten arbeiten im vollkontinuierlichen Wechseldienst, eine Schicht im Tagesdienst und die fünfte Schicht als Service und Zusatzschicht.
Jede Schicht besteht aus vier Personen, wobei zwei eine höhere Ausbildung besitzen und anspruchsvollere Aufgaben übernehmen. Sie steuern über das PLS-System die Düse und sind maßgeblich für die Qualität des Produktes verantwortlich. Einer der beiden PLS-Operateure übernimmt gleichzeitig die Aufgabe des Schichtleiters.
Die beiden anderen Arbeitnehmer arbeiten als so genannte „Finishing-Operateure“ in der Anlage. Sie sind für die mechanische Weiterverarbeitung des Rohmaterials (schneiden, fräsen etc.) verantwortlich uns haben eine Ausbildung als Schlosser oder Chemikanten. Alle Operateure beginnen als Finishing-Operateure, es ist jedoch möglich, bei entsprechender Bewährung und Interesse in die PLS-Gruppe aufzurükken.
Die Leitwarte ist nur in Ausnahmefällen besetzt, da die Anlage weitgehend autark läuft. Aus diesem Grund erfolgt die Signalisierung von Alarmen akustisch. Nur die Düse wird durch den Operateur gesteuert, der durch die Wahl der Verfahrensparameter direkt Einfluss auf die Qualität des Produktes nehmen kann. Innerhalb der Gruppe erfolgt im Rotationsprinzip in regelmäßigen Abständen ein Tätigkeitswechsel, so dass auch die Finishing-Operateure an der Düse eingearbeitet werden.

2.4.3 Betrieb C

2.4.3.1 Allgemeine Informationen

Der Betrieb ist ein Unternehmen der chemischen Industrie, er gehört mit mehr als 2000 Produkten weltweit zu den führenden Anbietern für Prozess- und Funktionschemikalien der Textil- und Lederindustrie. In zwölf Produktionsstätten und fünf eigenen Vertriebsgesellschaften sind weltweit etwa 800 Mitarbeiter beschäftigt. Die Untersuchungen werden im Stammwerk durchgeführt.

Mit etwa 500 Beschäftigten werden aus ca. 750 Rohstoffen und Zwischenprodukten über 650 Endprodukte hergestellt.
Die Produktion besteht aus zwei Hauptteilen, den Anlagen A und B. Beide Anlagen sind nach der 4. Verordnung des BImSchG. Anhang 4.1 genehmigungsbedürftige Anlagen und unterliegen den erweiterten Pflichten der Störfall-Verordnung.
Der untersuchte Betriebsbereich ist eine Abteilung, wo durch Alkoxilierungsreaktionen Propylenoxid und/oder Ethylenoxid zu Zwischen- bzw. Endprodukten umgesetzt werden. Die Produktion erfolgt ausschließlich im Batch-Betrieb. Je Reaktionsbehälter können bis zu 5000 kg Produkt hergestellt werden. Die Produkte werden dann in Fässer oder Container von 150 kg bis 1000 kg abgefüllt.

2.4.3.2 Produktionsablauf

Triethanolaminstearinsäureester und Aminoethoxylat werden in den Reaktor gepumpt und reagieren dort bei einer Verfahrenstemperatur von ca. 70 °C. Nach Zugabe von Dimethylsulfat wird das Produkt konfektioniert und der gewünschte pH-Wert wird eingestellt. Die Anlage besteht insgesamt aus fünf Reaktorbehältern. Die Abfüllung der Produkte in Gebinde oder Fässer erfolgt manuell. In der Abbildung 2.8 ist schematisch der Prozessablauf dargestellt.

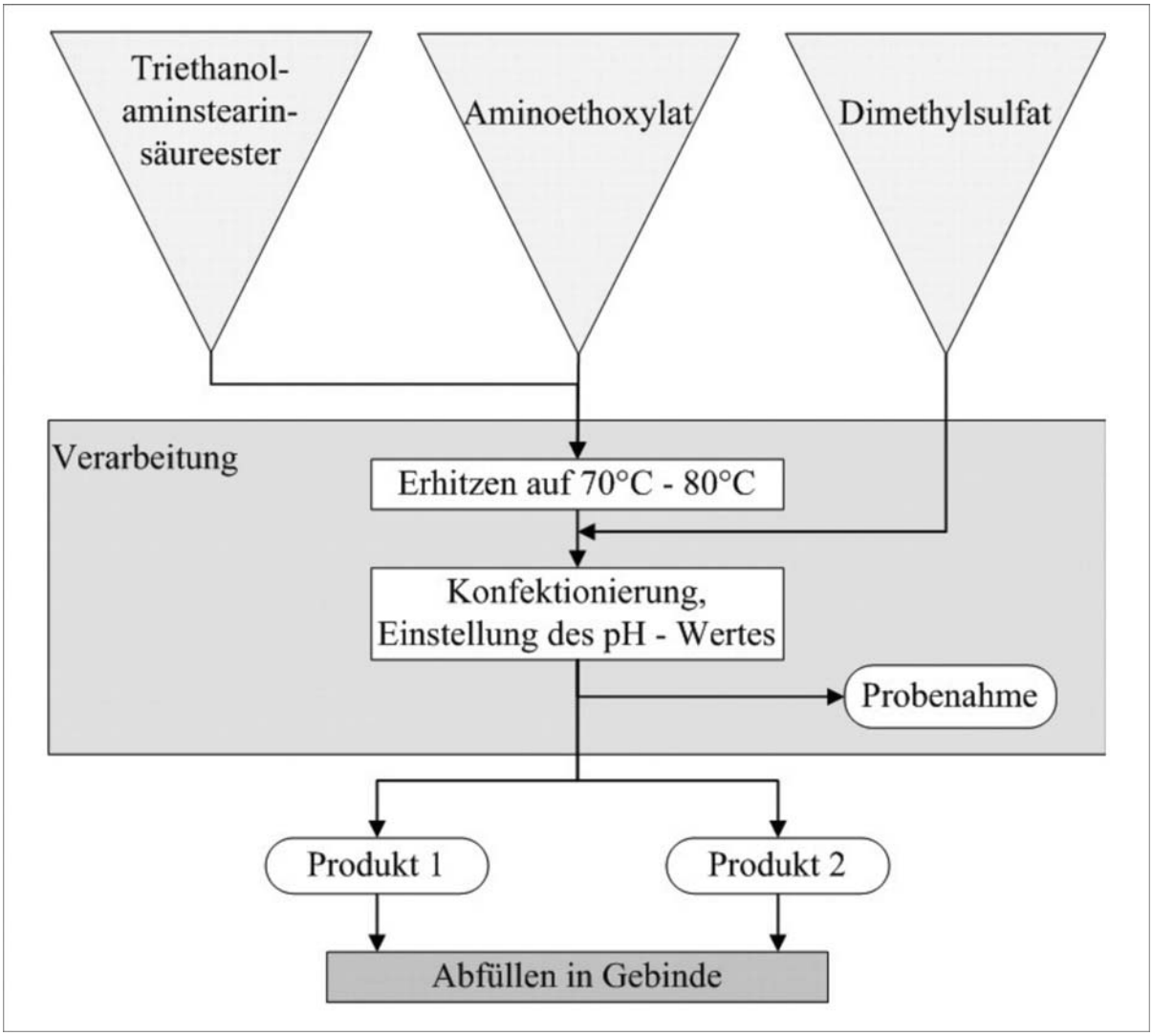


Abb. 2.8 Schematischer Produktionsablauf im Betrieb C

2.4.3.3 Personalstruktur, Organisation und Schichtsystem

Zur Zeit wird die Leitwarte, die seit 2001 nachgerüstet wurde, im Zweischichtbetrieb besetzt. Eine Schicht besteht aus einem Meister (Schichtleiter) drei bis vier Operateure sowie zwei bis drei Logistikern. In naher Zukunft soll zusätzlich auch noch eine Nachtschicht eingeführt werden.

2.4.4 Betrieb D

2.4.4.1 Allgemeine Informationen

Bei dem Betrieb D handelt es sich um einen großen Grundstoffhersteller. Der Betriebsbereich gehört zu einem weltweit operierenden Unternehmen. An dem Standort

sind rund 2.300 Mitarbeiter beschäftigt. In der Teilanlage werden 1,2-Dichlorethan und Vinylchlorid produziert.

2.4.4.2 Produktionsablauf

In der Direktchlorierung erfolgt die Umsetzung von Chlor und Ethylen zu 1,2-Dichlorethan (EDC), das als Zwischenprodukt entsteht. Die exotherme Reaktion läuft im Reaktor in einer Flüssigphase bei geringem Überdruck an einem Katalysator ab. Das bei diesem Verfahrensschritt entstehende EDC wird destillativ gereinigt und in dem zur Anlage gehörenden EDC-Tanklager zwischengelagert.
Die der Direktchlorierung folgenden Oxichlorierung beinhaltet die katalytische Umsetzung von Ethylen und Chlorwasserstoff unter Sauerstoffzuführung zu 1,2-Dichlorethan.
Die exotherme Reaktion läuft bei Überdruck an einem Katalysator im Fließbett ab. Das hierbei entstehende Roh-EDC wird destillativ getrocknet und gereinigt und ebenfalls in das EDC-Tanklager abgegeben /Bank, Matthias, 2000/.
Das 1,2-Dichlorethan aus der Direktchlorierung und der Oxychlorierung wird aus dem EDC-Tanklager zur Weiterverarbeitung in die EDC-Spaltung gefördert.
In einem erdgasbefeuerten Ofen wird das EDC in VC und HCl gespalten. Das Spaltprodukt wird unter Wärmerückgewinnung abgekühlt und destillativ aufgearbeitet. Der Chlorwasserstoff wird als Einsatzstoff der Verfahrensstufe Oxichlorierung zugeführt und das aufbereitete Vinylchlorid wird über das Tanklager zur Weiterverarbeitung in die PVC-Anlage abgegeben. Die nachfolgende Abbildung 2.9 gibt einen Überblick über den Gesamtprozess.

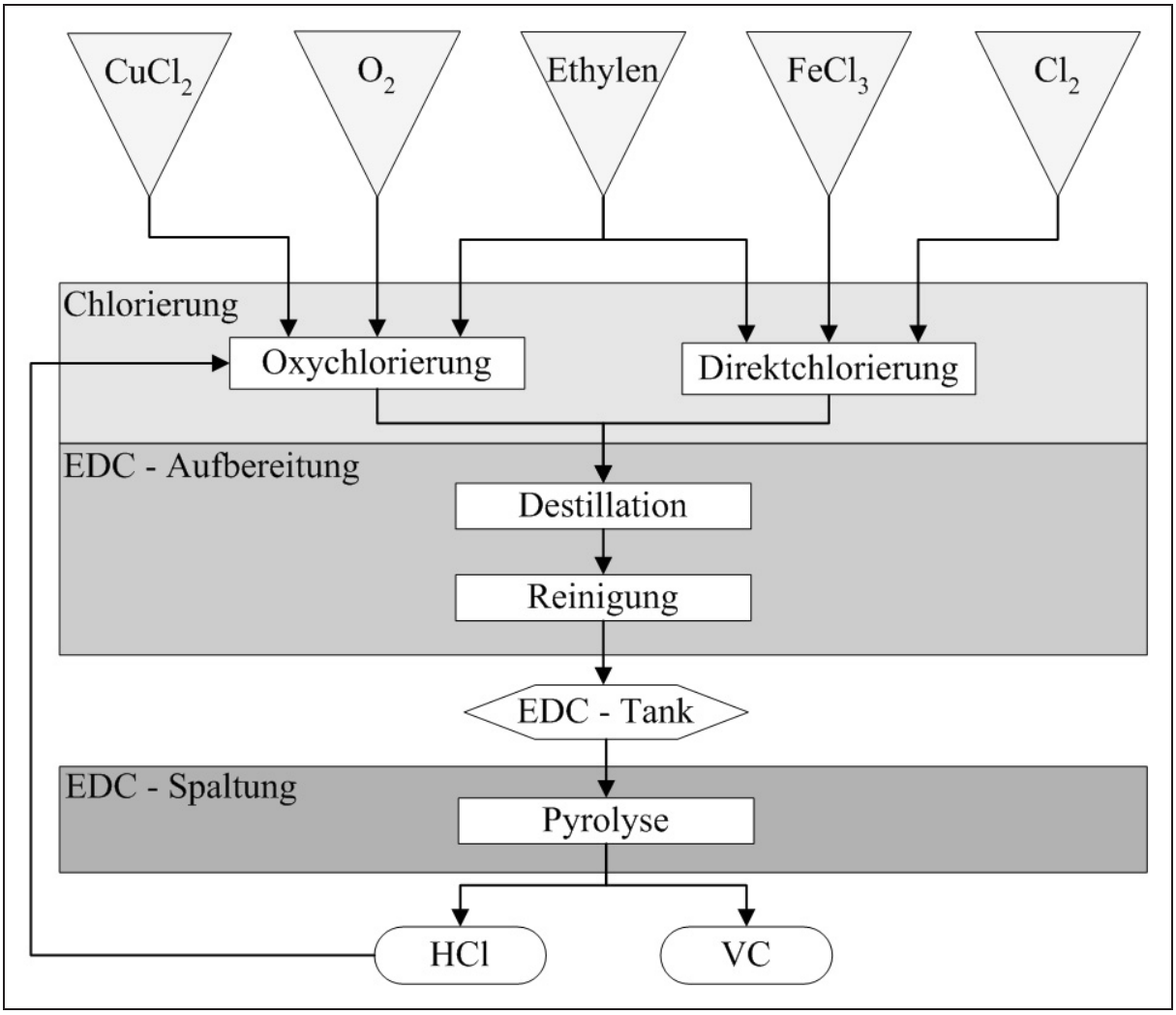


Abb. 2.9 Schematische Darstellung des Gesamtprozesses von Betrieb D

2.4.4.3 Personalstruktur, Organisation und Schichtsystem

Der Betrieb erfolgt in fünf Schichten; drei Schichten sind im Wechsel je acht Stunden tätig, eine Schicht arbeitet nur am Tag und die 5. Schicht dient als Serviceschicht. Eine Schicht hat immer frei. In einer Schicht befinden sich 7 - 8 Personen, wovon mindestens zwei die Anlage über das PLS steuern müssen. Kleinere Anlagenteile werden dabei automatisch gesteuert. In den Schichten gibt es ein Rotationssystem, sodass jeder Mitarbeiter theoretisch alle Aufgaben übernehmen kann. Tatsächlich hat sich allerdings herausgestellt, dass einige Mitarbeiter bestimmte Aufgaben besonders gut erledigen und dann bevorzugt mit diesen betreut werden. Die Anlage hat sieben PLS-Stationen, bei denen im Normalbetrieb nur zwei oder drei besetzt sind. Lediglich bei der Durchführung schwieriger Arbeiten, z. B. beim Anfahren, sind alle

Stationen besetzt. Die Aufgaben werden dann untereinander abgesprochen und es wird auf Zuruf gearbeitet, um den Status des jeweiligen Anlagenteils weiterzugeben.
Es gibt keine Schichtleiter mehr, die einzelnen Gruppen leiten sich selbst (self empowered teams). Es hat sich jedoch in den Gruppen jeweils ein Mitarbeiter herauskristallisiert, der seine Kollegen anleitet. Darüber hinaus gibt es auf der offiziellen Ebene einen Koordinator der über bestimmte Befugnisse verfügt wie z. B. das Ausstellen von Erlaubnisscheinen.
Des Weiteren arbeitet in jeder Schicht ein Notfallleiter, der im Falle einer Störung oder eines Notfalles die Leitung der Warte übernimmt, da es sich gezeigt hat, dass in Notsituationen nur ein streng hierarchisches System funktioniert. Im Prinzip ist der Notfallleiter der frühere Schichtleiter. Wann er einzugreifen hat, ist genau definiert.

2.4.5 Betrieb E

2.4.5.1 Allgemeine Informationen

Bei diesem Betriebsbereich handelt es sich um die Abteilung „Netzführung“ des Energieversorgers einer Großstadt. Von diesem Betrieb aus wird das Kabel- und Leitungsnetz gesteuert und überwacht sowie auftretende Störungen beseitigt. Es werden die folgenden vier Netze betreut:

Stromnetz:
Durch das Stromnetz werden 83000 Hausanschlüsse mit 4360 Wh, in der Spitze mit 759 MW versorgt. Die Netzlänge dieses Systems beträgt 9328 km.

Gasnetz:
Das Gasnetz wird normalerweise mit 20 bar (Hochdruck) betrieben. In den Mitteldruckleitungen wird das Gas unter einem Druck von 900 mbar transportiert. Für die Hausanschlüsse wird das Gas auf 42 mbar (Niederdruck) gebracht.

Wassernetz:
Das Wassernetz ist neben der Stadtversorgung auch für einen Nachbarkreis zuständig und versorgt mit 1818 km Netzlänge 74000 Hausanschlüsse. Die Abgabe beträgt 53261000 m^3.

Fernwärmenetz:

Durch die Fernwärme werden 53000 Hausanschlüsse mit 7000 Wh und 37700 MWh maximaler Tagesabgabe versorgt. Das hierzu nötige Netz hat eine Länge von 1453 km. In der Abbildung 2.10 werden die vier Netze schematisch dargestellt.

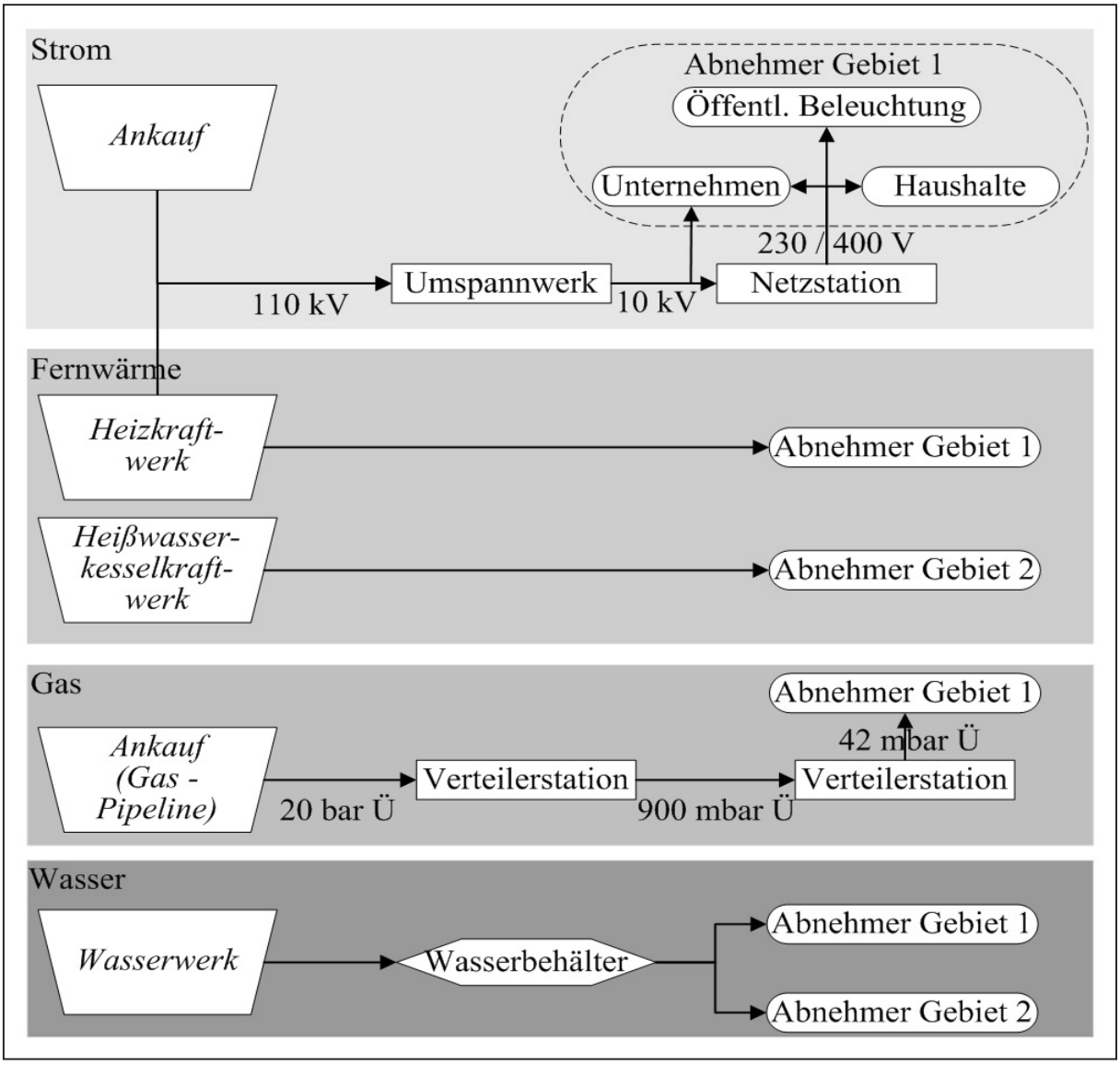


Abb. 2.10 Schematische Darstellung des Gesamtprozesses von Betrieb E

2.4.5.2 Abläufe der Netzführung

Zu den Aufgaben der Leitwarte gehören die technische Überwachung der Netze und des Verteilungsprozesses, die Störungsannahme und Entstörungssteuerung, die

Durchführung der Lastverteilung, die Vorbereitung, Durchführung und Dokumentation von Schalthandlungen und Schieberfahrten. Des Weiteren werden Maßnahmen zur Wiederherstellung der Energieversorgung durchgeführt bzw. eingeleitet, der Bezug optimiert, die Spitzenlast abgesenkt, das Last- und Tarifmanagement durchgeführt sowie die Straßenbeleuchtung (Strom [automatisch] und Gas [von Hand per Druckstoß]) gesteuert.
Der Störungsdienst ist besonders wichtig, da ein Medienausfall beim Privatkunden in der Leitwarte nicht auffällt, da auf der sog. „letzten Meile“ keine automatisierte Überwachung besteht. Aus diesem Grund laufen dort die beiden Störungsnummern für Strom und Gas / Wasser / Fernwärme auf. Die Telefone sind 24 h besetzt. Jährlich werden dort ca. 400.000 Anrufe angenommen, die zu 10.000 - 15.000 Einsätzen führen. Bei einem Anruf mit Gasalarm geben die Operateure Verhaltensregeln durch. Das Bereitschaftspersonal befindet sich im Nachbarraum, sodass die Informationskette kurz ist. Für jeden Einsatz muss ein Meldeformular ausgefüllt werden, getrennt nach Strom oder Gas/Wasser/Fernwärme. Für eine Lokalisierung der Störung wird auch die geographische Funktion des PLS genutzt, die Pläne liegen jedoch auch alle in Papierform vor und sind auch auf den Einsatzfahrzeugen zu finden. Zusätzlich meldet sich auch die Feuerwehr ein bis zweimal am Tag, um ihre Einsätze mit dem Personal des Energieversorgers zu koordinieren.

2.4.5.3 Personalstruktur, Organisation und Schichtsystem

Die Operateure arbeiten im Wechseldienst (3 Schichten + 1 Freischicht), wobei die Mindestbesetzung fünf Operateure pro Schicht ist. Hinzu kommen acht Mitarbeiter für alle Netze, die bei Störungen im Außendienst tätig sind. Die Leitwarte ist in zwei Bereiche unterteilt, zum einen die Netzüberwachung realisiert durch drei Operateure, zum anderen sind zwei Operateure für den Störungsdienst zuständig. Die Netzüberwachung erfolgt durch einen Elektroingenieur und zwei Meister.

3 Auswertung

Bei der Auswertung werden die Ergebnisse der Literaturrecherche, der Matrixanalysen und der Erkenntnissen der Betriebsbegehungen dargestellt. Diese Ergebnisse (z. B. Qualifikation aufgetragen über Aufgabenfelder der Operateure) werden unter besonderer Berücksichtigung der Betriebszustände diskutiert. In der Literatur und den gesetzlichen Regelwerken wird grob zwischen bestimmungsgemäßen und nichtbestimmungsgemäßem Betrieb unterschieden. Im Rahmen dieses Projektes stellte sich heraus, dass eine genauere Unterscheidung des Betriebszustandes zu empfehlen ist.

Gutbereich (bestimmungsgemäßer Betrieb)
Der erste Bereich umfasst die möglichen Betriebszustände des bestimmungsgemäßen Betriebes einer Anlage. Die Prozessparameter bewegen sich in einem Gutbereich. Im Rahmen einer vorgegebenen Toleranz können sie auch manuell von dem Operateur dort gehalten werden.

Zulässiger Fehlerbereich (nicht bestimmungsgemäßer Betrieb)
Im zweiten Bereich können die Parameter den Gutbereich verlassen und in den zulässigen Fehlerbereich kommen. Hier muss der Operateur selbstständig oder nach einer Alarmmeldung eingreifen, um eine Störung oder einen Störfall zu vermeiden. Deshalb sind diese Zustände von besonderer sicherheitstechnischer Bedeutung.

Nicht zulässiger Fehlerbereich (nicht bestimmungsgemäßer Betrieb)
Im dritten Bereich können die Prozessparameter in den unzulässigen Fehlerbereich gelangen. In diesem Fall wird die Anlage automatisch oder durch den Operateur notabgefahren oder bei einem Störfall die PLS-Schutzeinrichtungen bzw. –Schadensbegrenzungseinrichtungen aktiviert. Ein manueller Regeleingriff ist von der Philosophie der Betriebe aus nicht mehr möglich. Diese Ausgrenzung der Operateure in solchen Fällen wird von uns nicht geteilt.

Im weiteren Verlauf werden für die hier definierten Übergruppen die in Tabelle 3.1 vorgestellten Piktogramme verwendet.

Tab. 3.1 Bei der Auswertung berücksichtigte Betriebszustände

Betriebszustand	Fehlerbereich	Symbol
bestimmungsgemäßer Betrieb	Gutbereich	
nicht bestimmungsgemäßer Betrieb	zulässig	
	unzulässig	

Eine genauere Definition der Betriebszustände erfolgt im Kapitel 3.2. Um letztendlich Anforderungen an die Unterlagen ausarbeiten zu können, wurden darauf basierend die PLS-Einrichtungen, die Aufgaben der Operateure und deren Qualifikation aus der Literatur und in den Betrieben betrachtet und ausgewertet.

3.1 PLS-Einrichtungen

Zunächst werden in diesem Kapitel Ergebnisse einer Umfrage bei Herstellern von PLS präsentiert, um deren Sichtweise sowie den aktuellen technischen Stand zu beschreiben. Es folgt eine Darstellung des über eine Norm festgelegten Standes der Technik im Bereich der PLS. Abschließend werden der Aufbau der PLS in den Betrieben aber auch deren Philosophie gegenüber der PLT aufgeführt, denn die Philosophie spiegelt sich auch in der Konzipierung der PLS wieder.

3.1.1 Ergebnisse der Umfrage bei PLS-Herstellern

Die Entwicklung der PLS erfolgt praxisbezogen unter dem Gesichtspunkt, dass Mitarbeiter des Kunden bei der Entwicklung Anregungen geben können. Die Einbindung von zukünftigen Operateuren bei der Entwicklung von PLS erfolgt bei rund zwei Dritteln der Firmen. Noch höher ist die Einbindung von Sicherheitsingenieuren und Fachkräften für Arbeitssicherheit. Während der Entwicklung, aber auch schon im Vorfeld hat sich die Hälfte der Firmen mit den verantwortlichen Sicherheitsingenieuren beraten.

Störfälle werden in nahezu allen Fällen bei der Entwicklung bzw. Erstellung von PLS berücksichtigt. Gleichermaßen finden Zustände des nicht bestimmungsgemäßen Betriebs ihre Berücksichtigung bei der Entwicklung. Anzumerken sei hier, dass gewisse Industriezweige bzw. deren spezifische Anlagen (Bsp. Lebensmittelindustrie) generell eine individuelle Programmierung voraussetzen. In der Hälfte aller Fälle gibt es keine vorgefertigten Programmabläufe bezüglich Nichtnormalzuständen.
Die Hälfte der Firmen bietet einen Teleservice bzw. eine Fernwartung für den Fall an, dass ein nicht vorhergesehener Zustand eintritt. Von den Herstellern haben dreiviertel eine Worst-Case-Analyse vor der Entwicklung anfertigen lassen, jedoch dient nur bei einem Betrieb die Worst-Case-Analyse als Basis zur systemseitigen Störfallprävention. Vier der Firmen arbeiten mit Standard-Problemlösungsansätzen für die systemseitige Störfallprävention.
Es lässt sich also aufgrund dieser Umfrage folgende Grundstruktur der Problembewältigung zeigen:
Die Industrie geht davon aus, dass vor Errichtung der Anlage und beim Entwickeln des Software-Paketes alle möglichen Vorkommnisse und Störfallarten bekannt sind, sodass keine neuartigen Situationen auftreten. Aus diesem Grund werden den Operateuren wenig Möglichkeiten zum Dialog und Eingreifen in das Prozessleitsystem gegeben. In dieser Untersuchung wird die gesamte Störfallproblematik als wichtiger Punkt beschrieben. Allerdings wird die Wichtigkeit der unvorhergesehenen Ereignisse nicht akzeptiert. Der Stand der Technik ist ausgereift um auch solche unvorhergesehenen Situationen zu beherrschen. Findet diese Situation in der Sicherheitsbetrachtung keine Berücksichtigung so fehlt an gegebener Stelle die entsprechende PLS-Einrichtung und der Schaden ist umso größer, da die Situation nicht bei der Konzipierung des PLS berücksichtigt wurde. Es ist zu sehen, dass also zwischen der Vorgehensweise und Wirklichkeit eine Lücke klafft.
Um den Stand der Technik darzustellen, soll im folgenden Kapitel auf die unterschiedlichen PLS-Einrichtungen eingegangen werden. Gleichzeitig wird aufgezeigt, bei welchem Betriebszustand die entsprechenden PLS-Einrichtungen zum Einsatz kommen.

3.1.2 Zusammenstellung der Klassifizierung von PLS-Einrichtungen nach VDI/VDE 2180

Die Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Prozessleitsystemen setzt eine eindeutige Unterscheidung zwischen sicherheitsrelevanten Aufgabenstellungen und betrieblichen Erfordernissen voraus. Daher werden die Einrichtungen der Prozessleittechnik klassifiziert in:

- PLS-Betriebseinrichtungen
- PLS-Überwachungseinrichtungen
- PLS-Schutzeinrichtungen
- PLS-Schadensbegrenzungseinrichtungen

Diese Klassifizierung hat zum Ziel, PLS-Einrichtungen aufgabengerecht und mit wirtschaftlich angemessenem Aufwand auszulegen. Sie ermöglicht klare Abgrenzungen sowohl bei Planung, Errichtung und Betrieb als auch bei späteren Änderungen von PLS-Einrichtungen. Über den Einsatz von PLS-Einrichtungen zur Anlagensicherung, über ihre Aufgabenstellung und ihre Ausführung wird in der Sicherheitsbetrachtung entschieden.

Beim Kurvenverlauf 1 in der Abbildung 3.1 kann die Prozessgröße verfahrensbedingt den unzulässigen Fehlerbereich nicht erreichen. Eine PLS-Überwachungseinrichtung ist ausreichend. Durch selbsttätigen oder – nach einer Meldung – manuellen Eingriff wird die Prozessgröße in den Gutbereich gebracht.

Beim Kurvenverlauf 2 könnte die Prozessgröße die Grenze zum zulässigen Fehlerbereich überschreiten. Da eine andere Schutzeinrichtung (wie Sicherheitsventil, Berstscheibe, Schnellöffnungsventil oder Schnellschlussventil) vorhanden ist, ist eine vorgeschaltete PLS-Einrichtung, die das Ansteigen der Prozessgröße meldet oder begrenzt, als PLS-Überwachungseinrichtung klassifiziert.

Im Kurvenverlauf 3 verhindert die PLS-Einrichtung, dass die Prozessgröße den unzulässigen Fehlerbereich erreicht. Sie ist deshalb PLS-Schutzeinrichtung. /VDI/VDE 2180 00/

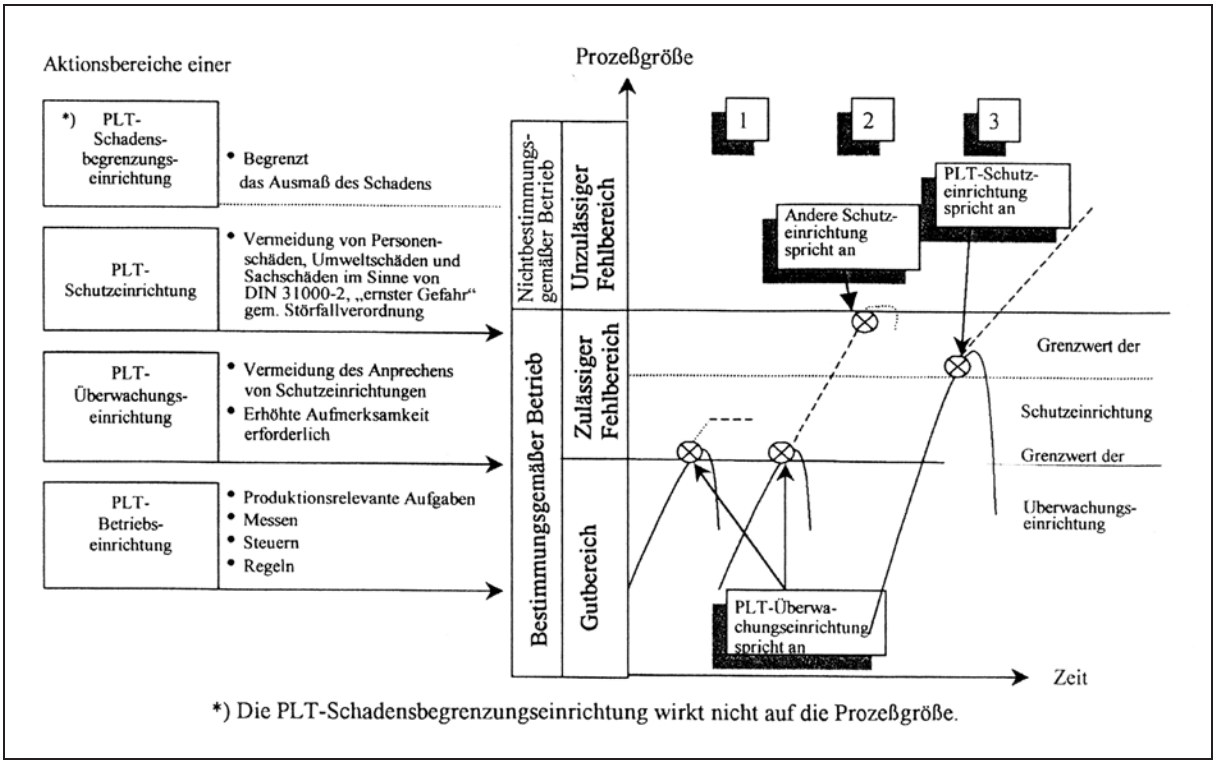


Abb. 3.1 Schematische Darstellung der Wirkungsweise von PLS-Einrichtungen nach /VDI/VDE 2180 00/

3.1.2.1 PLS-Betriebseinrichtungen

PLS-Betriebseinrichtungen dienen dem bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage in ihrem Gutbereich. In ihnen sind die zur Produktion erforderlichen Automatisierungsfunktionen realisiert. Dazu gehören das Messen, Steuern und Regeln aller für den Betrieb relevanten Prozessgrößen einschließlich registrieren und Protokollieren. In zunehmendem Maß kommen höhere Regelalgorithmen, komplexe Ablaufsteuerungen, automatisierte Rezeptfahrweisen und Optimierungsstrategien zum Einsatz. Zur Erfüllung all dieser Funktionen ist eine Vielzahl binärer, digitaler und analoger Signale zu verarbeiten.

Da die Funktionen der PLS-Betriebseinrichtungen bei laufendem Betrieb ständig oder häufig überwacht werden, unterliegen die PLS-Betriebseinrichtungen einer Plausibilitätskontrolle durch das ständig anwesende Bedienungspersonal, sodass Ausfälle oder Fehlfunktionen unmittelbar erkannt werden können.

3.1.2.2 PLS-Überwachungseinrichtungen

PLS-Überwachungseinrichtungen sprechen im bestimmungsgemäßen Betrieb einer Anlage bei solchen Zuständen an, bei denen eine oder mehrere Prozessgrößen den Gutbereich verlassen, aber einer Fortführung des Betriebes aus Gründen der Sicherheit nichts entgegensteht. Sie sprechen folglich an der Grenze zwischen Gutbereich und zulässigem Fehlbereich von Prozessgrößen an (siehe vorherige Abbildung).
PLS-Überwachungseinrichtungen melden zulässige Fehlzustände der verfahrenstechnischen Anlage, um erhöhte Aufmerksamkeit oder einen manuellen Eingriff durch das Bedienungspersonal zu veranlassen, oder sie greifen selbsttätig ein, um Prozessgrößen in den Gutbereich zurückzuführen.
PLS-Einrichtungen, die Nicht-PLS-Schutzeinrichtungen oder PLS-Schutzeinrichtungen vorgeschaltet sind, gehören zu den PLS-Überwachungseinrichtungen. Diese melden oder greifen automatisch ein, bevor das Ansprechen einer Schutzeinrichtung angefordert wird.

3.1.2.3 PLS-Schutzeinrichtungen

Aufgabe von PLS-Schutzeinrichtungen ist es, einen unzulässigen Fehlzustand der verfahrenstechnischen Anlage zu verhindern. Bei Nichtvorhandensein der (aufgrund der Sicherheitsbetrachtung als notwendig befundenen) PLS-Schutzeinrichtung muss mit den Zuständen der verfahrenstechnischen Anlage gerechnet werden, die unmittelbar zu Personenschäden, Umweltschäden oder Sachschäden (im Sinne der DIN 31000-2) führen können oder bei denen eine „ernste Gefahr“ im Sinne der Störfall-Verordnung entstehen kann. /DIN VDE 31000-2 87/
PLS-Einrichtungen zur Vermeidung von Produktschäden oder von Sachschäden, die im unternehmerischen Eigeninteresse betrachtet werden und bei denen Personen- und Umweltschäden ausgeschlossen werden können, gehören nicht zu den PLS-Schutzeinrichtungen.
Die Aufgabe einer PLS-Schutzeinrichtung besteht in der Regel darin, eine oder mehrere Prozesssicherungsgrößen auf Übereinstimmung mit zulässigen Werten zu überprüfen. Besteht keine Übereinstimmung, wird ein automatischer Schaltvorgang ausgelöst oder das ständig anwesende Bedienungspersonal durch eine Meldung zur

Durchführung notwendiger, vorher festgelegter Maßnahmen veranlasst. Die Funktionen der PLS-Schutzeinrichtungen haben in jedem Fall Vorrang gegenüber Funktionen von PLS-Betriebs- und PLS-Überwachungseinrichtungen und sollen prozessnah, d. h. mit möglichst geringer Verarbeitungstiefe, ausgeführt werden.
Das Überwachen der Funktionen der PLS-Schutzeinrichtungen ist im Gegensatz zu denen der PLS-Betriebseinrichtungen äußerst selten, zum einen wegen der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit des unerwünschten Ereignisses, zum anderen wegen der häufig vorhandenen gestaffelten Anordnung von PLS-Betriebs-, PLS-Überwachungs- und PLS-Schutzeinrichtungen, siehe Bild 3.1. Aus Gründen der Verfügbarkeit und im Hinblick auf Plausibilitätskontrollen kann es wegen der äußerst seltenen Anforderung vorteilhaft sein, Komponenten der PLS-Schutzeinrichtung wie z. B. Stellglieder durch die PLS-Betriebseinrichtung mitzubenutzen. Solche gemeinsam genutzten Komponenten sind entsprechend den Anforderungen für PLS-Schutzeinrichtungen auszulegen.
Im Sinne der Störfall-Verordnung sind PLS-Schutzeinrichtungen als störfallverhindernde Maßnahmen sicherheitstechnisch bedeutsam.

3.1.2.4 PLS-Schadensbegrenzungseinrichtungen

PLS-Schadensbegrenzungseinrichtungen wirken im nicht-bestimmungsgemäßen Betrieb und verringern bei Eintritt des unerwünschten Ereignisses die Auswirkungen auf Personen oder Umwelt. In diesem äußerst seltenen Fall halten sie dadurch das Ausmaß des Schadens in Grenzen.
Im Sinne der Störfall-Verordnung sind PLS-Schadensbegrenzungseinrichtungen als störfallbegrenzende Maßnahmen sicherheitstechnisch bedeutsam.
Werden zur Erkennung des unerwünschten Ereignisses PLS-Einrichtungen eingesetzt, so werden damit in der Regel nicht Prozessgrößen wie z. B. Druck oder Temperatur überwacht, sondern andere Größen wie z. B. die Konzentration von möglicherweise freiwerdenden Gasen in der Umgebungsluft. Werden Stellglieder betätigt, so ist üblicherweise ebenfalls nicht der Prozess betroffen, sondern der gefährdete Bereich außerhalb der Behälter, Apparate und Rohrleitungen. PLS-Schadensbegrenzungseinrichtungen sind häufig mit Nicht-PLS-Schadensbegrenzungseinrichtungen und mit organisatorischen Maßnahmen kombiniert.

Ein Charakteristikum dieser Definitionen in der VDI/VDE 2180 ist, dass die Prozessleittechnik im Sinne eines vorhersehbaren und vorher erkannten Fehlerquellenspektrums gegliedert ist, aber nicht erkennbar auf die nicht gewussten und vorhergesehenen Verhältnisse eingeht, die im zunehmendem Maße in der Störfallproblematik eine Rolle spielen. Es sei hier noch mal darauf hingewiesen, dass in den letzten Jahrzehnten die Ursache für Versagensfälle und für Störfälle bis zu 90 % bei menschlichem Fehlverhalten liegt, während dieser Wert noch vor drei Dekaden bei 10-20 % lag wie in der Abbildung 3.2 ersichtlich ist.

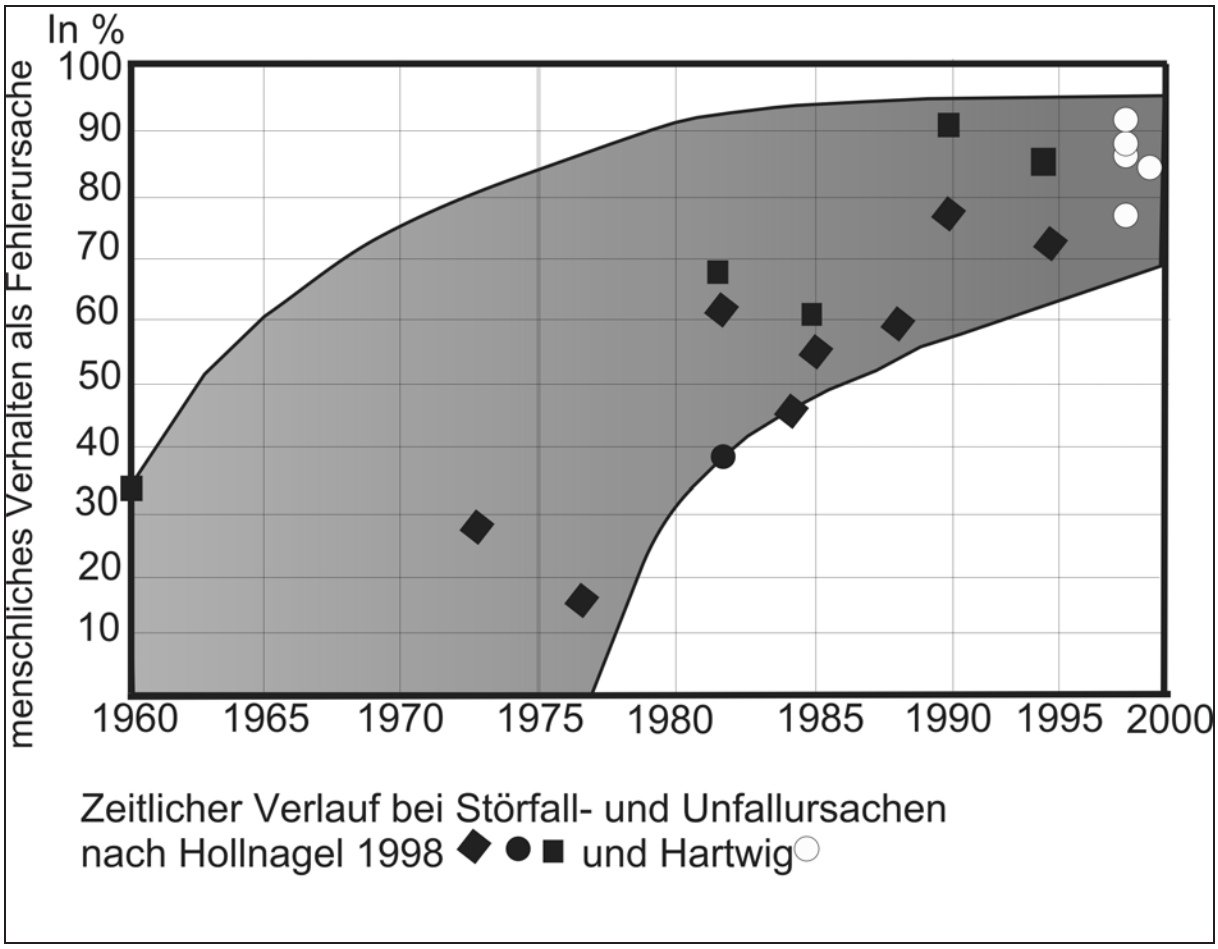


Abb. 3.2 Zeitliche Entwicklung bei Störfall- und Unfallursachen

Dieser Sachverhalt, also das Vorgehen der chemischen Industrie, anhand von VDI/VDE 2180 einerseits und die Verschiebung der Störfallursachen andererseits bildet einen wichtigen Ansatzpunkt bei der Bearbeitung dieses Vorhabens, da hier die deutlichsten Probleme bei der Bewältigung von nichtvorhersehbaren Störfällen, aber auch im Zusammenhang mit so genannten „Dennoch-Störfällen“ zu erwarten sind.

3.1.3 Prozessleitsystem in den Betrieben

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Prozessleitsysteme der einzelnen untersuchten Betriebe dargestellt.

3.1.3.1 Betrieb A (Luftzerlegung)

Philosophie

Bei dem Betrieb von kontinuierlichen, vollautomatischen Anlagen ist die Eingriffsmöglichkeit des Operateurs stark eingeschränkt, er hat mehr eine Überwachungsfunktion. Die Anlage muss immer in einem sicheren Zustand sein, auch bei einer Fehlbedienung.

Beim Anfahren muss beispielsweise eine bestimmte Reihenfolge des Zuschaltens der Komponenten eingehalten werden, sonst fährt die Anlage nicht an. Muss aufgrund einer Störung bzw. einer Reparatur ein Anlagenteil durch einen anderen ersetzt werden, trägt der Operateur die Verantwortung dafür, dass der neue Anlagenteil erst eingebunden wird, wenn er technisch einwandfrei und zuverlässig läuft.

Der Operateur kann nur auf die Produktion und die Verfahrenstechnik bezüglich der Produktqualität zugreifen, die Sicherheitseinrichtungen können durch ihn nicht beeinflusst werden. Die Operateure können jedoch Vorschläge für die Verbesserung der PLS machen, die dann von der PLS-Abteilung umgesetzt werden. Pro Woche wird einmal eine sicherheitstechnisch relevante Gruppenarbeit durchgeführt. Die Grundlage hierfür bildet die FMEA-Methode (failure mode and effects analysis). Die Operateure suchen sich eine kritische Situation heraus, analysieren diese und leiten die richtigen Reaktionen und Maßnahmen ab. Die Ergebnisse werden nochmals diskutiert und dokumentiert. Die kritischen Situationen leiten die Operateure auf Grund ihrer Erfahrung ab, wenn dieser Fall so bereits aufgetreten ist, oder sie erörtern fiktive mögliche Ereignisse. Das Personal beschäftigt sich somit regelmäßig mit kritischen Zuständen, um die fehlende Praxis in Extremsituationen auszugleichen. Dadurch können im Vorfeld Probleme und ihre Ursachen erkannt und behoben werden z.B. durch eine Veränderung der Technik oder durch die Erstellung entsprechender Arbeitsunterlagen. Die durchgeführten Analysen tragen auch dazu bei, dass die Operateure bei der Anbahnung einer Störung / eines Störfalls gezielter handeln können, da ihnen die Zusammenhänge klarer sind.

Bei der Einführung des PLS wurden keine Analyseverfahren durchgeführt, da der Prozess selbst und alle seine Gefahren nach Meinung der Verantwortlichen schon bekannt waren.

Aufbau

Von den drei Luftzerlegungsanlagen werden zwei über „Tafeltechnik“ analog bedient, die dritte Anlage wird von drei Bedienpulten mit einem PLS gesteuert. In diesem PLS sind zudem die zwei Kreislaufverdichter sowie der Kühlturm integriert. In der Leitwarte wird zusätzlich die gesamte Gasversorgung eines angrenzenden Industrieparks gesteuert bzw. überwacht, ebenso wie eine Erdgas- und eine Ethylen-Pipeline über mehr als 200 km Länge.

Als Software dient das Programm „Contronic P“, dass von der Darstellung veraltet wirkt (schwarzer Hintergrund, bunte Beschriftung), aber von den Operateure als gut bedienbar und übersichtlich empfunden wird, da der gesamte Prozess als Fließbild dargestellt wird. Des Weiteren ist noch eine PLS-Steuerung für die Wasserstoff- und Druckluftversorgung vorhanden. Hier erfolgt auch die Überwachung der Erdgasversorgung. Als Programm dient Freelance von ABB (ehemals Hartmann + Braun) als Basis, das entsprechend den anlagenspezifischen Merkmalen betriebsintern angepasst wurde und auf einem handelsüblichen PC-System betrieben wird.

Die Trailerabfüllung erfolgt ebenfalls über ein PLS auf Freelance-Basis. Das Programm ist modern und übersichtlich gestaltet. Die Alarme erscheinen in einer Leiste oberhalb des Fließbildes und werden zusätzlich akustisch signalisiert, des Weiteren gibt es ein Untermenü mit einer Meldeliste. Die Farbgebung ist zum Teil nach unserer Auffassung schlecht, da sich der Text auf dem Hintergrund farblich schlecht abhebt (z. B. schwarz auf blau). Außerdem beinhaltet nach Angaben des Bedienpersonals das Programm für die Trailerabfüllung noch Softwarefehler, was dazu führt dass unrelevante Alarme angezeigt werden, deren Quittierung eine zusätzliche Aufmerksamkeit und Mehraufwand bedeutet.

3.1.3.2 Betrieb B (Schaumstoff)

Philosophie

Die Betriebsleitung hat zu einem großen Teil der Aufgaben automatisiert, trotzdem kommt dem Operateur noch eine Reihe von Aufgaben zu. Neben der manuellen

Steuerung der Düse werden auch die An- und Abfahrvorgänge von Hand durchgeführt. Bei sicherheitskritischen Aufgaben ist die Handlungsmöglichkeit des Operateurs stark eingeschränkt, bei größeren Fehlern schaltet die Anlage automatisch ab, d. h. das PLS übernimmt die Steuerung und bringt die Anlage in den fail-safe-Zustand. Kleinere Fehler z.B. die Abweichung von Parametern am Extruder kann der Operateur jedoch durchaus selbständig beseitigen.
Bei der Implementierung der Software ist davon ausgegangen worden, dass bei der Entwicklung alle möglichen Fehler und Störungen bekannt und berücksichtigt worden sind. In der Philosophie für diese Anlage gibt es also nicht die Vorstellung, dass eine Art von Fehler oder Störung auftreten könnte, die ein eigenständiges und sinnvolles Handeln der Operateure erfordert.
Die Eingriffsmöglichkeit für die Operateure ist auch in diesem Sinne eingeschränkt. Selbst wenn die Operateure bestimmte neuartige oder anders geartete Operationen einführen wollten, um aus ihrer Sicht den Schaden zu mindern, so lässt die Software dies nicht zu.

Aufbau

In der Leitwarte wird der Prozess mittels Tafeltechnik visualisiert und gesteuert. Eine Veränderung der Parameter bzw. die Quittierung von Alarmen erfolgt über Bedienpulte unterhalb der Tafeln. Die Bildschirme in der Leitwarte dienen nur als Anzeige für die Verfahrensparameter, hier erfolgt jedoch keine Steuerung. Es können aber zeitliche Verläufe der Parameter angezeigt werden. Zusätzlich befinden sich in der Leitwarte drei Monitore für die Überwachung der Plattenförderung, um bei mechanischen Problemen die Ursache schneller zu entdecken. Zum Notabfahren der Anlage bei größeren Problemen ist ein Not-Aus-Knopf vorhanden, der Operateur kann die Anlage aber auch von Hand abfahren.
Da der Operateur selten in der Leitwarte ist, werden Alarme nicht nur an der Schalttafel, sondern auch akustisch (Sprachalarm) signalisiert. Im Normalfall läuft das System stabil, so dass die Alarmgrenzen eng gesetzt wurden. Bei einer Alarmmeldung hat der Operateur die Möglichkeit einzugreifen. Sollte z. B. der vorgegebene Druck von 200 bar am Extruder auf die 1. Alarmgrenze (210 bar) ansteigen, wird der Operateur versuchen den Druck abzubauen. Diese erste Alarmstufe wird als „warning“ bezeichnet. Gelingt ihm der Druckabbau nicht, gibt es bei einem Druck von 220 bar den 2. Alarm, der sogenannte „request-Alarm“.

Hier wird der Operateur zum Handeln aufgefordert. Kann der Operateur den Druck nicht verringern, so wird der Extruder abgefahren. Dies ist die dritte und letzte Alarmstufe, der „shut down“, wo kein Eingriff durch den Operateur mehr möglich ist.
Die Software ist in einer betriebseigenen Sprache formuliert, die in den 50-er Jahren entwickelt wurde. Alle Polystyrolhartschaum-Anlagen dieses Konzerns sind weltweit identisch und mit der gleichen Sprache und mit dem gleichen PLS ausgestattet.

3.1.3.3 Betrieb C (Chemikalien)

Philosophie

Die PLS wurde in der Anlage unter dem Gesichtspunkt der Qualitätsverbesserung eingeführt. Bei diesen chemischen Reaktionen werden Ethylenoxid (EO) und Propylenoxid (PO) umgesetzt, der Restgehalt der Stoffe im Endprodukt bestimmt die Qualität. Es ist festzustellen, dass die Qualität durch den PLS-Einsatz deutlich besser geworden ist und sich auch die Varianzen zwischen den einzelnen Chargen verringert haben.
Der Betriebsleiter hebt deutlich hervor, dass ein PLS an sich keine Sicherheitseinrichtung ist, sondern ein Werkzeug, dass dem Operateur Standardarbeiten erleichtern und so den Kopf für wirklich kritische Entscheidungen freihalten soll. Das heißt: Ein Prozess muss erst sicher beherrscht werden, bevor automatisiert werden kann.

Aufbau

Durch Anlagentechnik und PLS kann eine Person jetzt fünf Kesselreaktoren bedienen. Trotz der neu eingerichteten PLS gibt es an der älteren Anlage aber noch manuelle Schritte, so werden beispielsweise die Produkte von Hand in Gebinde abgefüllt.
Bei dem verwendeten Programm gibt es die Möglichkeit, dass sich jeder Operateur seine individuelle Benutzeroberfläche für die Überwachung und Steuerung nach seinen Wünschen gestalten kann. Das Fachwissen dazu kommt von der Firma Lang und Breitler, einer der größten Automatisierungsbetriebe in Deutschland der zur Jenoptik gehört.
Die Bereichsleitung hat vor der Programmierung ein Pflichtenheft erstellt, das die zu leistenden Grundfunktionen enthielt und somit auf die Softwarestruktur mit Einfluss genommen hat. Parallel dazu wurde eine externe PAAG-Studie durchgeführt. Die

Studie wurde für Wartung und Reparatur im Nichtnormalbetrieb und den Normalbetrieb durchgeführt. Mit dem Personal, das die Arbeiten wahrnimmt, wurde jedoch nicht gesprochen, was von uns auch seitens des Betriebsleiters bemängelt wird, denn gerade das Personal hat am meisten Erfahrung mit der Anlage.
Die Zugriffsmöglichkeiten auf das PLS sind hierarchisch gestaffelt, d. h. der Betriebsleiter darf alles innerhalb des PLS, z. B. auch Parameter ändern, der Schichtleiter weniger Zugriffsmöglichkeiten und dem Operateur schließlich unterliegt nur die Bedienung des PLS. Jeder Systembetreuer muss sich mit einem Passwort einloggen, Änderungen werden durch das PLS protokolliert.

3.1.3.4 Betrieb D (VC)

Philosophie

Im laufenden Betrieb werden regelmäßig kleinere Änderungen am PLS vorgenommen, die häufig auf Anregungen von Operateuren beruhen.
Es gibt ein elektronisches Logbuch, in das die Operateure auch Mängel hineinschreiben können. Das Logbuch enthält verschiedene Listen; neben allgemeinen Einträgen gibt es Tagesberichte und shut-down-Dokumentationen sowie eine Liste für Verbesserungsvorschläge. Allerdings wird nicht jede Liste immer genutzt. Das Logbuch kann nach bestimmten Punkten gefiltert bzw. gefiltert werden. Darüber hinaus können die Eintragungen mit Markierungen versehen werden, die deren Dringlichkeit oder Bearbeitungszustand anzeigen. Es wird verlangt, dass jeder Operateur nach Schichtübergabe das Logbuch nutzt und den Schichtreport liest. Neben der normalen Schicht existiert auch eine so genannte Tagesschicht, in der ein Programmierer für die Anpassung der PLS-Software sorge trägt.
Bauliche Veränderungen an der Anlage werden dem Operateur durch ein elektronisches Formular mitgeteilt, welches der Operateur quittieren muss.

Aufbau

Die Anlage hat sieben PLS-Stationen, von denen im Normalbetrieb etwa zwei bis drei besetzt sind. Bei der Durchführung schwieriger Arbeiten, z. B. beim Anfahren, sind alle Stationen besetzt. Die Aufgaben werden untereinander abgesprochen und es wird auf Zuruf gearbeitet, um den Status des jeweiligen Anlagenteils weiterzugeben.

Einfache Anlagen sind durch PLS so gesteuert, dass sie ohne Operateur gefahren werden können. Dies schließt auch ein selbständiges Abschalten ein. Das PLS erkennt Störungen und Störfälle selbst, wenn diese vorher definiert wurden. Dies kann fatale Folgen haben, wenn ein Störfall auftritt der bei der Risikoanalyse nicht berücksichtigt wurde. Er wird vom PLS dann nicht erkannt.
Grobe Fehlbedienungen am PLS werden durch dokumentarische Checklisten und durch Sperrfunktionen in der Software verhindert. Die Freigabe erfolgt von Schritt zu Schritt. Der Operateur fährt die Anlage nach Trends und nicht nach Alarmen.
Es existieren auch Hilfemenüs, die aber vom Personal als sehr schlecht bewertet und deswegen wenig oder gar nicht genutzt werden. Sie enthalten lediglich allgemeine Anleitungen auf Englisch, da diese Software weltweit in allen Standorten des Konzerns gleich eingesetzt wird.
Der Operateur kennt seine Sollwerte und verfügt über ein sehr hohes anlagenspezifisches Wissen. Alle Werte sind zwar im Programm hinterlegt, so dass der Operateur diese abfragen könnte, für einen guten Anlagenfahrer ist das jedoch nicht nötig.
Die Alarmmeldungen werden in drei Stufen ausgelöst: warning, request und emergency. Diese Alarmwichtung wurde schon im Betrieb B erläutert.

3.1.3.5 Betrieb E (Energieversorgung)

Philosophie

Seit eineinhalb Jahren ist die Leitwarte für alle vier Produkte in der Stadt zuständig. Das PLS wird ständig geändert, da es an die Änderungen im Netz angepasst werden muss.

Aufbau

Jeder Wartenplatz hat vier Bildschirme, wovon drei Bildschirme für die Bedienung des PLS verwendet werden; der vierte Monitor stellt die Telefonanlage dar. Zusätzlich gibt es als Redundanz einen vierten Leitplatz. Dieser vierte Platz kann auch zur Ausbildung benutzt werden, da die Software in einem Simulationsmodus betrieben werden kann.
Die Darstellung des PLS ist klar und übersichtlich. Die unterschiedlichen Netze werden, ebenso wie die Alarme und Meldungen, farblich unterschieden wobei erstere auch akustisch signalisiert. Am Monitor werden die Alarme nach Bereichen getrennt

(S = Strom, G = Gas, W = Wasser, F = Fernwärme) und farblich hinterlegt (gelb = Warnung, rot = Störung).
Des Weiteren gibt es Kennungen für diverse Meldungen, z. B. PIA = Person in der Anlage, NAH = Anlage wird vor Ort gesteuert u. a. Das Netzbild kann in der Bildschirmansicht auch vergrößert werden. Somit sind Einzelanlagen (Übergabestationen etc.) leicht erkennbar. Letztere können für eine Detailansicht auch auf einen anderen Teil des Bildschirms gelegt werden.

3.2 Aufgaben der Operateure

3.2.1 Aufgaben aus der Literatur

Eines der ersten Ziele der Untersuchung war es, die Aufgaben der Operateure zu beschreiben und einzugrenzen. Bei der Literaturrecherche wurden immer wieder die nachfolgend aufgeführten Aufgaben und Arbeitssituationen genannt. Auch die Ausbildungsinhalte an Simulatoren lässt die Eingrenzung wesentlicher Aufgaben zu.

3.2.1.1 Aufgabenfelder im Normalbetrieb

Folgende Arbeitssituationen kommen häufig vor:

- Das Bedienen und Beobachten in Handfahrweise (An- und Abfahrvorgänge; Prozessstabilisierung (voraus schauende Fahrweise)),
- Bedienen und Beobachten von kontinuierlichen Prozessen (Überblick; Schaltungsvarianten),
- Bedienen, Beobachten und Aktivieren von Ablaufsteuerungen (Überblick; Ablaufstrukturen; Modus, Betriebsart und Status; Aktivierung von Ablaufsteuerungen),
- Realisieren von Schaltungsvarianten.

Aufgaben wie sie in einem Simulator auch geübt werden, sind zum Beispiel:

- Allgemeine Bedienübungen und Darstellungsformen,
- Inbetriebnahme einer Rührapparatanlage nach Reparatur,
- Außerbetriebnahme und Reparaturvorbereitung eines Rührapparates,
- Aktivieren und Beobachten einer Ablaufsteuerung,

- In- und Außerbetriebnahme einer kontinuierlichen und diskontinuierlichen Destillation /Schmidt 98/.

Während die hier genannten Punkte hauptsächlich auf den Normalbetrieb abzielen, so sind es doch auch gerade die Aufgaben bei Störungen an der Anlage, welche dem Operateur den Einsatz seiner Erfahrung und seines Wissens abfordern. Die Aufgaben bei Störungen werden in der Literatur wie folgt umschrieben.

3.2.1.2 Aufgabenfelder bei der Störung

Eine weitere Aufgabe des Operateurs ist die Systemsicherheit, -zuverlässigkeit und -verfügbarkeit sicherzustellen /Wirstad 83/, in dem er bei Störungen Abweichungen früh erkennt, die Ursachen schnell zuordnet und die nötigen Eingriffe sicher und rasch tätigt /Sommer 99/ oder, in anderen Worten, die sichere Handhabung der Bedienoberfläche eines PLS, Bedienung und Beobachten von Prozessen im Normalbetrieb, An- und Abfahren von Prozessen, Beherrschung von Störfällen und Ausnahmesituationen /Kurrle 94/ durchgeführt und beherrscht.
Die folgenden Aufgabenfelder Überwachen, Eingreifen und Klären von Störungsursachen sowie die damit verbundenen Tätigkeiten sind von H.-J. Charwat /Charwat 82/ genauer aufgeschlüsselt:

- Überwachen um Auftreten von Störungen wahrzunehmen oder den Anlagenfunktionsgrad beurteilen zu können.
- Eingreifen in den Normalbetrieb des Prozesses, um diesen gezielt zu beeinflussen und so Last- und Qualitätsänderungen herbeizuführen oder eine andere Betriebsweise zu veranlassen. Bei Störfällen ist einzugreifen, um Störungen zu begrenzen und weitere Folgen zu verhindern.
- Klären von Störursachen ist die Voraussetzung um Störungen zu beheben. Dabei werden die Arbeitsplatztypen aufgrund physischer Aspekte unterschieden, zum einen der Beobachtungsplatz und zum anderen der Platz zur Prozessführung mit Funktionstastatur und Bildschirm /Wirstad 83/.

Andow nennt dazu noch folgende Aufgaben:

- Ein Operateur muss auf Alarme reagieren, in dem er Gegenmaßnahmen einleitet, die Fehlerursache ermittelt und - falls möglich - behebt /Andow 85/.

Es ist aber auf keinen Fall Aufgabe des Operateurs, Änderungen am Computerprogramm vorzunehmen /Birch 86/.
Um den Zusammenhang zwischen Betriebszustand der Anlage und Aufgaben des Operateurs zu veranschaulichen, sollen die Ergebnisse zu Untersuchungen an einem Kernkraftwerk dargestellt werden. Hier zeigt sich auch, dass in der Literatur lediglich Standardaufgaben beschrieben sind, die in der Industrie dann auf spezifische Anlagen zugeschnitten werden.

3.2.1.3. Aufgabendefinition am Beispiel von Untersuchungen im Kernkraftwerk

Exemplarisch und zur späteren Ableitung der wesentlichen Aufgaben eines Operateurs soll das über die Literaturrecherche gefundene Aufgabenfeld eines Operateurs in einem Kernkraftwerk aufgeführt werden. In der Abbildung 3.3 /Wirstad 83/ sind die Zustände, Aufgaben und Abhängigkeiten anschaulich dargestellt. Diese Abbildung gibt zugleich auch einen Überblick über den komplexen Zusammenhang zwischen dem Anlagenzustand und den resultierenden Aufgaben.

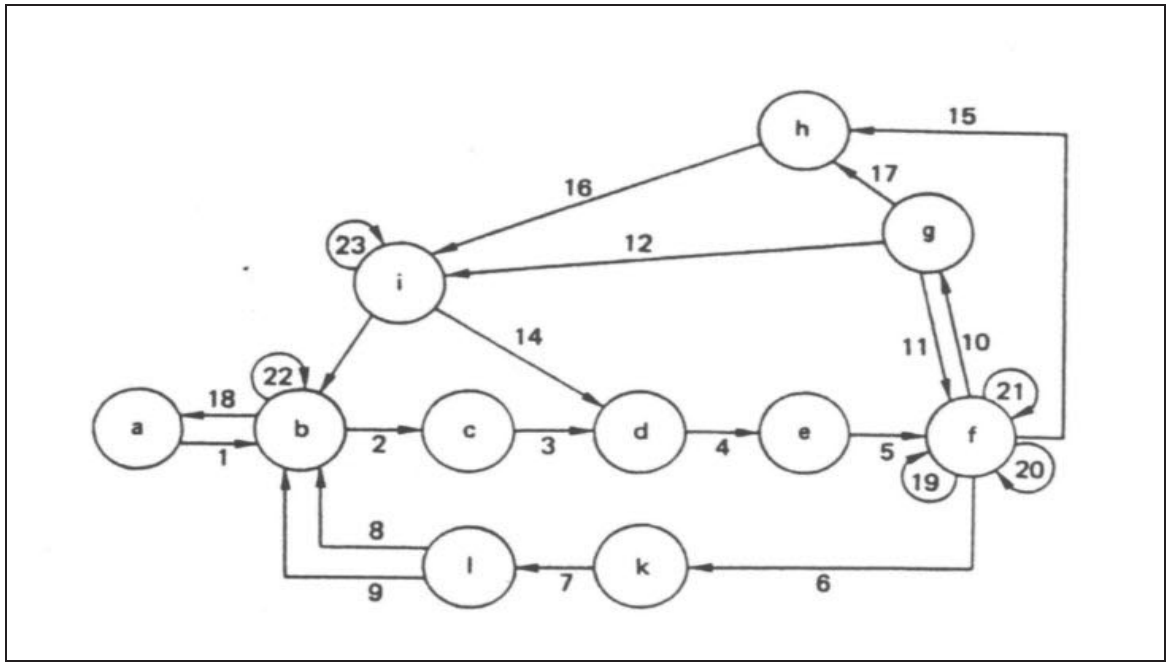


Abb. 3.3 Zusammenhang zwischen Zuständen und Aufgaben der Operateure für ein Kernkraftwerk mit Siedewasser-Reaktor

Die in der Abbildung 3.3 mit Buchstaben gekennzeichneten Zustände sind folgendermaßen zu beschreiben /Wirstad 83/:

a) Reaktor nach der Brennstoffaufnahme
b) Kalte unterkritische Anlage
c) Angewärmte unterkritische Anlage
d) Heiß kritisch, Reaktorleistung 5 % Turbine nicht in Betrieb
e) Turbine auf Nenndrehzahl
f) Normalbetrieb
g) Gestörter Betrieb
h) Notbetrieb
i) Heißer, schnell gestoppter, unterkritischer Reaktor
j) Heißer, kritischer Reaktor, Leistung 5 %
k) Heißer, unterkritischer Reaktor

Anhand des Beispiels hat der Operateur folgende Aufgaben zu erfüllen /Wirstad 83/:

1) Allgemeine Anlagenvorbereitung,
2) Vorbereitung zum Anfahren,
3) Starten der Kernaufheizung und Erhöhen der Leistung auf 5 %, Starten des Hilfsspeisewassersystems zur Regelung des Wasserspiegels der Reaktortanks, Anheizen der Dampfrohre und weiteres Aufheizen des Kerns unter Verwendung der Regelstäbe, Ablassen von Dampf in den Kondensator,
4) bei 5 % Leistung Umschaltung vom Hilfsspeisewassersystem auf das Speisewassersystem, Turbine auf Nenndrehzahl hochfahren,
5) Synchronisation und Belastung des Generators, Erhöhen der Generatorleistung auf 20 %,
6) Reduzieren der Leistung auf 5 %,
7) Abfahren auf heißen unterkritischen Reaktor,
8) Kühlung durch Dampfablassen in den Kondensator,
9) Kühlung durch Ablassen in den Speicher,
10) Ereignis das gestörten Betrieb verursacht,
11) Rückkehr zum Normalbetrieb nach der Störsituation,
12) Automatischer Schnellstopp oder manuelle Abschaltung,
13) Kühlung des unterkritischen Reaktors,
14) Anfahren des heißen Reaktors,
15) Ereignis, das eine Notsituation verursacht,
16) automatischer Schnellstopp oder manuelle Abschaltung,
17) Ereignis, dass eine Motivation verursacht (zusammen mit 10),

18) Wiederbeschickung,
19) Änderung des Regelstabmusters,
20) Erhöhung oder Erniedrigung des Leistungspegels,
21) Schichtwechsel,
22) Aufrechterhaltung von Zustand „kalte unterkritische Anlage“ (Restwärme Kühlung),
23) Aufrechterhaltung von Zustand „heißer, schnell gestoppter, unterkritischer Reaktor“, zu späteren Durchführung des Punktes 14).

Eine Gliederung der Aufgaben eines Operateurs nach Zeitpunkt / Reihenfolge des Auftretens findet man in Abbildung 3.4, in dem eine Reihe typischer Aufgaben dargestellt ist, die das erforderliche Wissen und die erforderliche Erfahrung eines Operateurs abdecken. Wenn ein Operateur diese typischen (= kenntnisbezogenen) Aufgaben kennt, beherrscht er seine Tätigkeit.

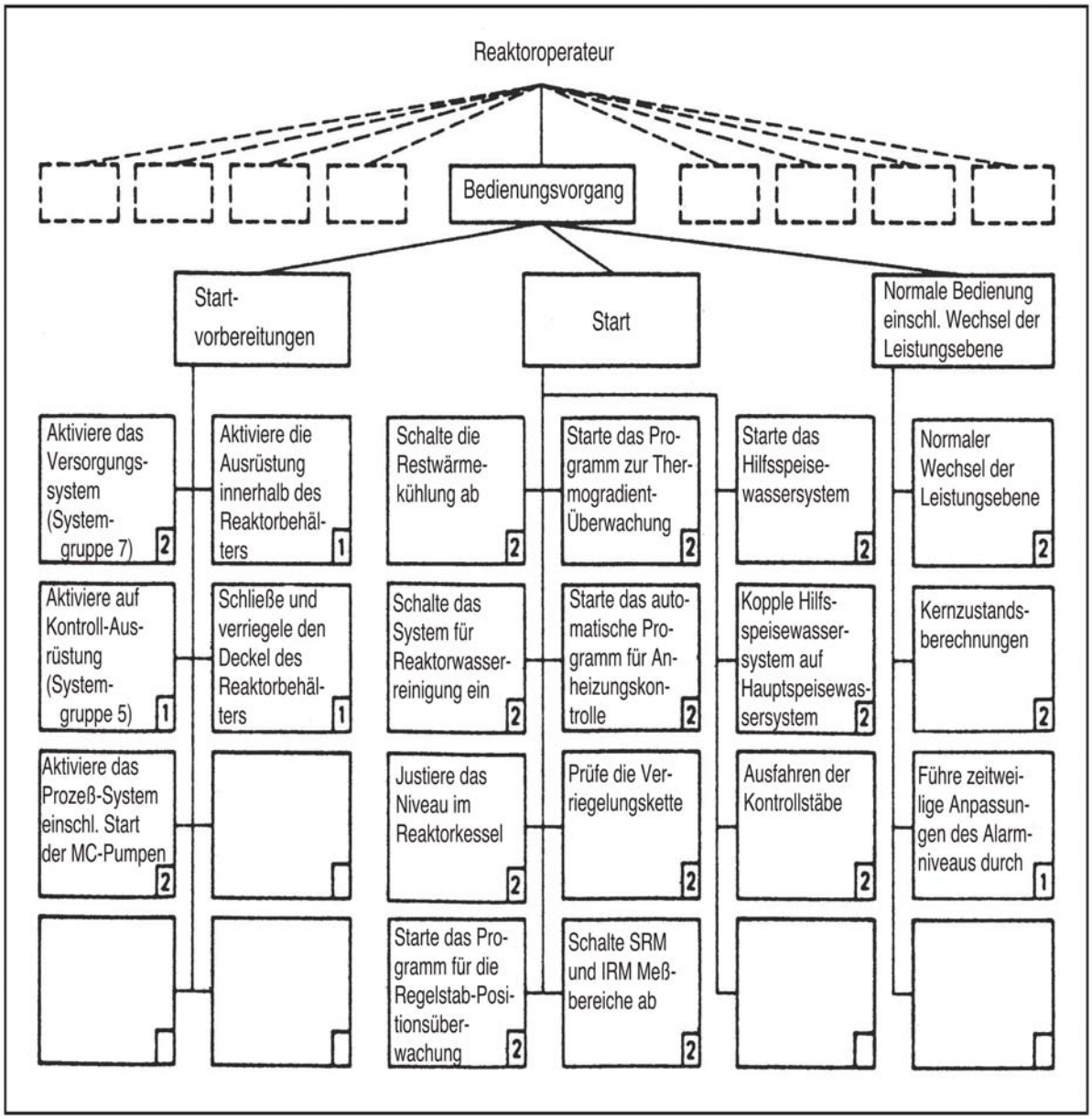

Reaktoroperateur
Bedienungsvorgang
Start-vorbereitungen
Start
Normale Bedienung einschl. Wechsel der Leistungsebene
Aktiviere das Versorgungs-system (System-gruppe 7) 2
Aktiviere die Ausrüstung innerhalb des Reaktorbehäl-ters 1
Schalte die Restwärme-kühlung ab 2
Starte das Pro-gramm zur Ther-mogradient-Überwachung 2
Starte das Hilfsspeise-wassersystem 2
Normaler Wechsel der Leistungsebene 2
Aktiviere auf Kontroll-Aus-rüstung (System-gruppe 5) 1
Schließe und verriegele den Deckel des Reaktorbehäl-ters 1
Schalte das System für Reaktorwasser-reinigung ein 2
Starte das auto-matische Pro-gramm für An-heizungskon-trolle 2
Kopple Hilfs-speisewasser-system auf Hauptspeisewas-sersystem 2
Kernzustands-berechnungen 2
Aktiviere das Prozeß-System einschl. Start der MC-Pumpen 2
Justiere das Niveau im Reaktorkessel 2
Prüfe die Ver-riegelungskette 2
Ausfahren der Kontrollstäbe 2
Führe zeitwei-lige Anpassun-gen des Alarm-niveaus durch 1
Starte das Pro-gramm für die Regelstab-Posi-tionsüber-wachung 2
Schalte SRM und IRM Meß-bereiche ab 2

Abb. 3.4 Beispiel für typische Aufgaben (Vorbereitung, Anfahren ...)

Dieses Beispiel macht deutlich in welcher Komplexität die Aufgaben durch den System- bzw. Betriebszustand bedingt sind. Aus diesem Grund wurde auf der Basis vordefinierter Betriebszustände eine systemanalytische Aufgabenanalyse durchgeführt. Darunter ist eine Wichtung der Aufgaben nach ihrer Bedeutung bei den verschiedenen Betriebszuständen zu verstehen.

3.2.2 Aufgaben der Operateure in den Betrieben

Um die Bandbreite der Aufgaben mit eigenen Beobachtungen und Untersuchungen zu erweitern, sollen nun die aus den Betriebsbegehungen festgestellten Aufgaben der Operateure in den fünf Betrieben vorgestellt werden.
Wie das Beispiel Kernkraftwerk (siehe 3.2.1.3) gezeigt hat, sind die Aufgaben in einem Betrieb sehr viel spezifischer als die in der übrigen Literatur beschriebenen Aufgaben. Aus diesem Grund sollen aus den Aufgaben der einzelnen Betriebe nur spezifischere Aufgaben aufgeführt werden. Auf die Anführung der z. B. in Kapitel 3.2.1 beschriebenen generellen Überwachung und Beobachtung soll hier verzichtet werden, es sollen mögliche Zusatzaufgaben von Operateuren in der industriellen Praxis dargestellt werden.

3.2.2.1 Aufgaben der Operateure im Betrieb A

Die Operateure haben sehr vielfältige Aufgaben, die Bedienung der PLS nimmt darunter den geringsten Teil (ca. 20 %) ein. Ein hoher Zeitbedarf wird für die Außenarbeiten benötigt. Diese werden bewusst beibehalten, damit dem Personal die Anlage vertraut bleibt. Typische Tätigkeiten hierbei sind:

- Sicht- und akustische Prüfung der Pumpen und Verdichter,
- die Trailerflüssiggasabfüllung
- kleinere Wartungsarbeiten
- Ausstellen von Freigabescheinen in der Anlage
- Bedienung nach Alarmplänen/Störfallplänen
- Überwachung von Parametern bei einer wegen Störfall heruntergefahrenen Anlage

Bei den Trailerbefüllungen muss zusätzlich zur Bedienung der PLS auch die Überwachung der Kameras erfolgen, mit denen die Lastwagen richtig auf der Waage positioniert werden sowie der Befüllvorgang auf eventuelle Undichtigkeiten überwacht wird.
Eine weitere wichtige Aufgabe der Operateure ist die Steuerung der Produktionsmengen der Luftzerlegungsanlagen. Die an das Netz angeschlossenen Betriebe melden telefonisch unter- oder überdurchschnittlichen Bedarf an, worauf der Anlagenbediener entsprechend reagieren muss.

3.2.2.2 Aufgaben der Operateure im Betrieb B

Die Betriebsleitung hat einen großen Teil der Aufgaben automatisiert, jedoch kommt dem Operateur noch eine Reihe von Aufgaben zu. Neben der manuellen Steuerung der Düse werden auch die An- und Abfahrvorgänge von Hand durchgeführt. Bei sicherheitskritischen Aufgaben ist die Handlungsmöglichkeit des Operateurs stark eingeschränkt, bei größeren Fehlern schaltet die Anlage automatisch ab, d. h. die PLS übernimmt die Steuerung. Bei kleineren Fehlern kann der Operateur jedoch regelnd eingreifen.
Die Hauptaufgabe der Operateure besteht in der Steuerung der Düse, da durch ihre Parameter die Produktqualität stark beeinflusst wird. Aus diesem Grund sind die Operateure kaum in der Leitwarte, sondern stehen direkt an der Düse und steuern die Anlage vor Ort. Falls es ein kritischer Zustand erfordert, werden sie durch den Sprachcomputer und durch die Automatik in der Anlage in die Leitwarte gerufen, um dort dann die erforderlichen Maßnahmen durchführen zu können.
Für jedes Produkt ist ein Rezept vorgegeben, dass der Operateur jedoch ändern kann. Es werden regelmäßig ca. 10 Parameter verändert, die entsprechend im System protokolliert werden. Der Operateur hat im Normalbetrieb viele Eingriffsmöglichkeiten, da das Fahren der Anlage ein fertigkeitsorientierter Lernprozess ist.

3.2.2.3 Aufgaben der Operateure im Betrieb C

Das PLS wurde in diesem Betrieb hauptsächlich aus Produktqualitätsgründen implementiert. Die Aufgaben der Bediener ergeben sich entsprechend der qualitätsorientierten Automatisierungsfunktion der Anlage. So muss der Bediener die Rezeptur auswählen und deren Einhaltung überwachen. Ebenso müssen für die Rezeptur entsprechende dispositive Daten wie Ansatzgröße usw. angegeben werden.

3.2.2.4 Aufgaben der Operateure im Betrieb D

Die Zielstellung des Operateurs ist es, die Anlage unter ständiger Volllast zu fahren. Auch in diesem Betrieb handelt es sich bei den Aufgaben nicht um ausschließlich Fertigkeiten in der Prozessleitwarte. Als andere Aufgaben wurden genannt:

- Laboranalysen zur Qualitätsbestimmung von Produkten und Zwischenprodukten
- Aufgaben als Außenoperateur
- Koordination und Kommunikation mit Leitwarten benachbarter Anlagenteile, vor allem beim An- und Abfahren der Gesamtanlage

Neben diesen Aufgaben, die von mehreren Operateuren wahrgenommen werden können, gibt es personenbezogene Aufgaben, die jeweils nur ein Operateur in der Schichtgruppe ausführen darf:

- Ein Operateur hat die Aufgabe Freigabe- und Erlaubnisscheine innerhalb der Anlage auszustellen und nimmt diese wahr
- Ein weiterer Operateur hat die Ausbildung zur Leitung der Warte speziell bei Störfällen

3.2.2.5 Aufgaben der Operateure im Betrieb E

Da es sich nicht um einen Betrieb der Chemieindustrie handelt, sind die Aufgaben von diesen auch entsprechend verschieden, jedoch durchaus für das Projekt von Nutzen. In diesem Betrieb kann bei einer Störung nicht die ganze Anlage heruntergefahren werden, sondern gerade im nichtbestimmungsgemäßen Betrieb kommen hier auf den Operateur mehr Anforderungen und Aufgaben zu:

- Leitung des Bereitschaftspersonals (Außenpersonal)
- Störungsdienst (ist getrennt von Überwachungsdienst)
- Bei einem Anruf mit Gasalarm: Vorgabe von Verhaltensregeln.
- Dokumentation: Für jeden Einsatz muss ein Meldeformular ausgefüllt werden, getrennt nach Strom oder Gas/Wasser/Fernwärme
- Koordination und Kommunikation mit der Feuerwehr bei Einsätzen am Netz um deren Arbeiten mit denen des Personals des Energieversorgers zu koordinieren
- Instandsetzung veranlassen

Bei Betrachtung der Aufgaben der Operateure, die in den untersuchten Betrieben ermittelt wurden, fällt auf, dass es sich nicht um das Tätigkeitsfeld eines reinen Leitwartenoperateurs handelt. Zusätzlich verbringen die Operateure einen mittleren bis großen Teil ihrer Arbeit mit Außenaufgaben, also Tätigkeiten in der Anlage. Von dem

sicherheitstechnischen Standpunkt betrachtet ist dies sehr zu begrüßen, da der Operateur so ein gutes Bild von Prozessen und der zugrunde liegenden Verfahrenstechnik bekommt sowie über eventuelle technische Änderungen informiert ist. Es ist auffällig, dass bei den Betrieben ein Eingriff des Operateurs im Falle einer Störung oder eines Störfalles nicht zugelassen wird, die Anlage fährt automatisch ab. Da das Notabfahren die Anlage aber nicht zwingend in einen sicheren Zustand überführt, wird hier im weiteren Verlauf des Projektes ein besonderes Augenmerk bei den Anforderungen an Arbeitsunterlagen gelegt werden müssen. Die Operateure haben teilweise einen großen Einfluss bei der Steuerung der Anlage bezüglich der Produktqualität und der produzierten Menge im Normalbetrieb.

3.2.3 Aufgabenanalyse über Matrizen

Ziel dieser Analyse ist es herauszufinden, welche Aufgaben bei welchen Betriebszuständen von Bedeutung sind. Deshalb werden die Aufgaben der Operateure unterschiedlichen Betriebszuständen in Matrizen gegenüber gestellt. Zunächst wurden die über die Literatur und die Betriebsbegehungen gefundenen Aufgaben in folgende Aufgabenfelder unterteilt:

- Überwachung
- Bedienung
- Koordination und Kommunikation
- Ausbildung

Es werden hier nur die Aufgaben in der Leitwarte mit in die Beurteilung aufgenommen, die sonstigen Tätigkeiten werden später im Kapitel über Qualifikationen diskutiert. In der folgenden Tabelle sind die Aufgaben der Operateure in der Leitwarte aus den beiden vorhergegangenen Kapiteln aufgeführt. Die gesammelten 36 Aufgaben wurden sinngemäß in zehn Aufgabendefinitionen zusammengefasst, welche dann Untergruppen der vier Aufgabenfelder darstellen. Diese Untergruppen gehen dann in die Matrix ein. Dadurch erfolgt zunächst eine genauere Beschreibung der Aufgabenfelder. Deren Bedeutung bei den einzelnen Betriebszuständen kann darauf aufbauend besser diskutiert werden.

Tab. 3.2 Aufgabenermittlung für die Matrizen

Aufgabenfeld	Aufgabendefinition in der Literatur bzw. dem Betrieb	Aufgabendefinition für die Matrix
Überwachung	Überwachen von Einzelsteuergliedern	Überwachung
	Überwachen um Auftreten von Störungen wahrzunehmen oder den Anlagenfunktionsgrad beurteilen zu können.	
	Trendüberwachung	
	Überwachung von Parametern bei einer wegen Störfall heruntergefahrenen Anlage	
Bedienung	In- und Außerbetriebnahme einer kontinuierlichen und diskontinuierlichen Destillation	Inbetriebnahme /Außerbetriebnahme
	Außerbetriebnahme und Reparaturvorbereitung eines Rührapparates	
	Aktivieren und Beobachten einer Ablaufsteuerung	
	Allgemeine Anlagenvorbereitung, Vorbereitung zum Anfahren	
	Rückkehr zum Normalbetrieb nach der Störsituation	
	Inbetriebnahme einer Rührapparatanlage nach Reparatur	
	Das Bedienen und Beobachten in Handfahrweise (An- und Abfahrvorgänge; Prozessstabilisierung (vorrausschauende Fahrweise)),	regeln /steuern (SOLL/IST-Abgleich)
	Bedienen und Beobachten von kontinuierlichen Prozessen (Überblick; Schaltungsvarianten)	
	Bedienen und beobachten und aktivieren von Ablaufsteuerungen (Überblick; Ablaufstrukturen; Modus, Betriebsart und Status; Aktivierung von Ablaufsteuerungen),	
	Realisieren von Schaltungsvarianten	
	Allgemeine Bedienübungen und Darstellungsformen	
	Aufrechterhaltung vom Zustand	
	Ein Operator muss auf Alarme reagieren, in dem er Gegenmaßnahmen einleitet und die Fehlerursache ermittelt.	
	Die Systemsicherheit, -zuverlässigkeit und -verfügbarkeit sicherstellen	
	Bei Störungen Abweichungen früh erkennen, die Ursachen schnell zuordnen und die nötigen Eingriffe sicher und rasch tätigen	
	Klären von Störursachen ist die Voraussetzung um Störungen zu beheben	
	Bearbeitung von Alarmen	Eingriff in Prozess- und Verfahrensparameter
	Rezepturänderung	
	Auswahl der Rezeptur	
	Eingabe von dispositiven Daten wie Ansatzgröße, Reaktornummer	
	Eingabe und Überschreibung von Rezeptparametern	
	Eingreifen in den Normalbetrieb des Prozesses, um diesen gezielt zu beeinflussen und so Last- und Qualitätsänderungen herbeizuführen oder eine andere Betriebsweise zu veranlassen.	
	Eingriff in die Anlage bei einer defekten Komponente	
	Bedienung nach Störfallvorlage	Bedienung nach Unterlage
Koordination und Kommunikation	Protokollierung und Überprüfung wichtiger Prozessparameter	Protokollierung
	Protokollierung von Außeneinsätzen	
	Erstellen von Freigabe und Erlaubnisscheinen in der Anlage	Koordination mit den Außenoperatoren
	Leitung des Außenpersonals	
	Schichtwechsel	Koordination in der Warte
	Instandsetzung veranlassen	
	Koordination und Kommunikation mit der Feuerwehr bei Einsätzen am Netz	Alarmierung nach Plan
Ausbildung	Einarbeitung neuer Operateure	Einarbeitung neuer Operateure

3.2.3.1 Definition der Betriebszustände

Für die Erstellung der Matrizen werden die uns wichtig erscheinenden verschiedenen Betriebszustände definiert wobei bestimmungsgemäßer und nicht bestimmungsgemäßer Betrieb in die oben vorgestellten Übergruppen aufgeteilt wird. In den folgenden zwei Tabellen werden die 11 verschiedenen Betriebszustände aufgezeigt.

Tab. 3.3 Bestimmungsgemäßer Betrieb: N

	N I	An- / Abfahren
	N II	Normalbetrieb (Störungsfreier Produktionsbetrieb)
	N III	Instandsetzung (Reparatur)
	N IV	Reinigung / Wartung / Inspektion
	N V	Stillstand
	N VI	Außerbetrieb

Tab. 3.4 Nicht bestimmungsgemäßer Betrieb: S

	S I	Störzustand (Abweichungen vom Normalbetrieb)
	S II	Instandsetzung (Reparatur) nicht geplant
	S III	Reinigung / Wartung bei einer Störung / nach Störfall
	S IV	Störfall
	S V	Notabfahren

Die Grundlage für die begriffliche Definition der unterschiedlichen Betriebszustände einer Anlage mit Prozessleitsystem ist in DIN V 19256 gegeben. /DIN V 19256 97/

Bestimmungsgemäßer Betrieb: Gutbereich

Der bestimmungsgemäße Betrieb einer Anlage ist der Betrieb, für den die Anlage nach ihrem technischen Zweck bestimmt und ausgelegt ist. Er umfasst Normalbetrieb, den An- und Abfahrbetrieb, die Inbetriebnahme und Außerbetriebnahme, den Probetrieb und Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsvorgänge /DIN V 19256 97/.

An- und Abfahren (N I)

Beim Anfahren wird die Anlage bzw. Teilanlage aus den Betriebszuständen außer Betrieb oder Stillstand in den Normalbetrieb (störungsfreien Betrieb) überführt. Die (Teil-)Anlage wird dadurch zur Nutzung bereitgestellt.

Beim Abfahren wird die Anlage bzw. Teilanlage aus dem Normalbetrieb in den Außerbetriebszustand überführt. Die Bereitstellung der Anlage zur Nutzung wird hier aufgehoben /DIN 32541 77/.

Im Sinne der Instandhaltung wird die Anlage dadurch in den Außerbetriebszustand gebracht, dass die Funktionsfähigkeit einer Anlage während der Nutzung beabsichtigt und befristet unterbrochen werden wird. In den Stillstand wird die Anlage durch beabsichtigte Unterbrechung (auch Beendigung) der Funktionserfüllung gebracht. /DIN 31051 03/

Normalbetrieb (N II)

Bei diesem Betriebszustand befindet sich die Anlage in einem störungsfreien Produktionsbetrieb (Sollzustand). Alle Prozesse befinden sich innerhalb des Toleranzbereichs (geforderte Qualität).

Instandsetzung (Reparatur: N III)

In diesem Betriebszustand werden die Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes (geforderte Funktion) sowie zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes von technischen Mitteln eines Systems durchgeführt /DIN 31051 03/. Die Tätigkeiten sind zeitlich und von Umfang her geplant. Aufgrund der Planbarkeit der Tätigkeiten zählt dieser Betriebszustand zu dem normalen Betriebszyklus.

Reinigung / Wartung / Inspektion (N IV)

Hier werden die Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes von technischen Mitteln eines Systems durchgeführt /DIN31051 03/.

Stillstand (N V)

Der Stillstand ist ein betriebsfreier funktionsfähiger Zustand während der nicht benötigten Zeit /DIN EN 13306 01/.

Stillstand ist ein Zustand, in dem vorübergehend nicht produziert wird, aber alle Produktionsgüter vorhanden sind und in den man gelangt, ohne zwangsläufig den Zustand „Abfahren“ zu durchlaufen. Hierunter sind folgende Zustände zu versehen:
-„stand by“
- temporärer Produktionsstopp
- angehaltener Anlagenbetrieb

Außerbetrieb (N VI)
Die Funktionsfähigkeit der Anlage ist beim außer Betrieb nicht gegeben. In dieser Betriebsphase ist die Zufuhr aller Produktionsgüter abgeschaltet und die zur Produktion benötigen Komponenten wurden von der Zufuhr abgekapselt, d. h.
- Versorgungskomponenten eingeschaltet und
- Verfahrenstechnische Komponenten ausgeschaltet.

Nicht bestimmungsgemäßer Betrieb: zulässiger Fehlerbereich
Dieser Betriebszustand wird definiert wie der Störzustand, hinzukommen unvorhergesehene Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten, die die Operateure zwingen den eigentlichen Normalbetrieb der Anlage zu verlassen.

Störzustand (Abweichung vom Normalbetrieb: S I)
Hier entstehen Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb /DIN V 19256 97/. Unter Abweichung versteht man die Nichtübereinstimmung zwischen dem Ist-Zustand und dem Soll-Zustand einer Betrachtungseinheit bei einem gegebenen Zeitpunkt /DIN 31051 03/. Eine einzige Fehler- oder Alarmmeldung in dem bestimmungsgemäßen Betrieb bringt die Anlage in diesen Betriebszustand.

Instandsetzung nicht geplant (S II: Alarm → Handlung)
Es gilt die Definition der Instandsetzung wie im bestimmungsgemäßen Betrieb, davon abweichend gilt zusätzlich:
- der Zeitpunkt und die Dauer sind unvorhersehbar und
- auch die Tätigkeit ist unvorhersehbar.
Die Tätigkeiten in diesem Betriebszustand werden unter enormen Zeit- und Kostendruck durchgeführt. Die Praxis zeigt, dass i. d. R. deswegen weder Gefährdungs- noch Arbeitsbereichsanalysen durchgeführt werden können. Durch diese beiden

Sachverhalte, dem Zeitdruck und der unzureichenden Planbarkeit, erwächst ein enormes Gefährdungspotential aus diesem Betriebszustand.

Reinigung / Wartung nicht geplant (S III: außer Toleranz → Handlung)
Es gilt die Definition der Reinigung / Wartung / Inspektion wie im bestimmungsgemäßen Betrieb, davon abweichend gilt zusätzlich:
- der Zeitpunkt nicht vorhersehbar und
- die Tätigkeit und die Dauer sind vorhersehbar.

Sofortige Instandhaltung wird ohne Aufschub nach der Fehlererkennung ausgeführt, um unannehmbare Folgen zu vermeiden. Korrektive Instandhaltung wird ausgeführt nach der Fehlererkennung, um eine Einheit in einen Zustand zu bringen, in dem sie eine geforderte Funktion erfüllen kann /DIN EN 13306 01/.

<u>Nicht bestimmungsgemäßer Betrieb: unzulässiger Fehlerbereich</u>

Störfall (S IV)
Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann und für den die Anlage auszulegen ist oder für den bei der Tätigkeit vorsorglich Schutzvorkehrungen vorzusehen sind /DIN 25401-7 02/. Das bedeutet eine Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes, bei der ein gefährlicher Stoff durch Ereignisse, wie
- größere Emissionen
- Brände / Explosionen

das Leben oder die Gesundheit der Menschen bedroht oder die Umwelt, Sach- oder Kulturgüter beschädigt werden /StörfallVO 00/.

Notabfahren (S V)
Hierunter sind zwei Punkte zu verstehen: Schnellstmögliches automatisches Abfahren der Anlage ohne Berücksichtigung der Verfahrenstechnik zur Vermeidung eines Störfalles oder zur Verringerung der Auswirkung eines Störfalles, d. h. eine Beschädigung der Anlage wird durchaus in Kauf genommen.
Ebenso möglich ist eine Notausfunktion, die aufkommende oder bestehende Gefahren für Personen, Schäden an der Maschine oder dem Arbeitsgut abwenden oder

minimieren soll und die durch eine einzige Handlung durch eine Person ausgelöst wird, wenn die normale Haltefunktion dafür nicht angemessen ist /DIN EN 418 93/.

3.2.3.2 Matrizen für die Betriebszustände

Die Aufgaben und Betriebszustände wurden zur Auswertung über Matrizen verknüpft. Ist eine Aufgabe durch den Betriebszustand bedingt oder im Rahmen des Anlagenzustandes auszuführen, so wurde das mit einer „1“ gekennzeichnet.

Tab. 3.5 Matrix für den Gutbereich

bestimmungsgemäßer Betrieb			Überwachung	Bedienung				Koordination und Kommunikation				Ausbildung
Fehlerbereich		Aufgaben	Überwachung	Inbetriebnahme / Außerbetriebnahme	regeln /steuern (SOLL/IST-Abgleich)	Eingriff in Prozess- oder Verfahrensparameter	Bedienung nach Unterlage	Protokollierung	Koordination mit den Außenoperateuren	Koordination in der Warte	Alarmierung nach Plan	Einarbeitung neuer Operatoren
Betriebszustände			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
gut	An- / Abfahren	N I	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	Normalbetrieb	N II	1		1			1	1	1		1
	Instandsetzung (Reparatur)	N III	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Wartung	N IV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Stillstand	N V	1	1	1	1		1		1		
	Außer Betrieb	N VI	1	**1**								

Tab. 3.6 Matrix für den zulässigen Fehlerbereich

nicht bestimmungsgemäßer Betrieb			Über-wachung	Bedienung				Koordination und Kommunikation				Aus-bildung
Fehlerbereich / Aufgaben			Überwachung	Inbetriebnahme / Außerbetriebnahme	regeln /steuern (SOLL/IST-Abgleich)	Eingriff in Prozess- oder Verfahrensparameter	Bedienung nach Unterlage	Protokollierung	Koordination mit den Außenoperateuren	Koordination in der Warte	Alarmierung nach Plan	Einarbeitung neuer Operatoren
Betriebszustände			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
zulässig	Störzustand (Abweichungen vom Normalbetrieb)	S I	1		1	1	1	1	1	1	1	1
	Instandsetzung nicht geplant	S II	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Wartung bei einer Störung / nach Störfall	S III	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tab. 3.7 Matrix für den unzulässigen Fehlerbereich

nicht bestimmungsgemäßer Betrieb			Über-wachung	Bedienung				Koordination und Kommunikation				Aus-bildung
Fehlerbereich / Aufgaben			Überwachung	Inbetriebnahme / Außerbetriebnahme	regeln /steuern (SOLL/IST-Abgleich)	Eingriff in Prozess- oder Verfahrensparameter	Bedienung nach Unterlage	Protokollierung	Koordination mit den Außenoperateuren	Koordination in der Warte	Alarmierung nach Plan	Einarbeitung neuer Operatoren
Betriebszustände			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
unzulässig	Störfall	S IV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Notabfahren	S V	1	1				1	1	1	1	

Die Matrizen spiegeln wider, welche der Aufgaben die über Literaturrecherche und Betriebsbegehungen ermittelt wurden bei welchen unserer Meinung nach relevanten Betriebszuständen durchzuführen sind. Die Analyse erfolgte folgendermaßen:

- Die Matrix für den bestimmungsgemäßen Gebrauch dient als Referenz
- Jedes Aufgabenfeld wurde als Untermatrix betrachtet

- Die Anzahl der „belegten“ Felder innerhalb der Untermatrix wurde ins Verhältnis gesetzt mit der Gesamtanzahl der Felder der Untermatrix.
- Da alle Aufgabenfelder gleichbedeutend sind, wird das „Deckungsverhältnis“ der Aufgabenfeldern im bestimmungsgemäßen Betrieb als Mindestaufgabenabwicklung (=1) betrachtet.

Da sich das Deckungsverhältnis mit dem Betriebszustand ändert, kann durch den Vergleich der Deckungsverhältnisse im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb mit der Mindestaufgabenabwicklung im bestimmungsgemäßen Betrieb die Veränderung durch den Betriebszustand verglichen werden.

Bsp.: Die Untermatrix „Bedienung **X** bestimmungsgemäße Betrieb“ besitzt 24 Felder davon sind 17 Felder belegt. Das Deckungsverhältnis entspricht 70,8 % und ist als Mindestaufgabenabwicklung anzusehen.

In der Matrix für den nicht bestimmungsgemäßen Betrieb innerhalb des zulässigen Fehlerbereiches besitzt die Untermatrix dann zwölf Felder von denen elf Felder abgedeckt sind. Das Deckungsverhältnis entspricht 91,7 %. Die Bedeutung der Bedienung nimmt also um 29,5 % zu.

Über diese qualitative Auswertung soll die Bedeutung der einzelnen Aufgabenfelder gemäß der Betriebszustände in der Abbildung 3.5 dargestellt werden.

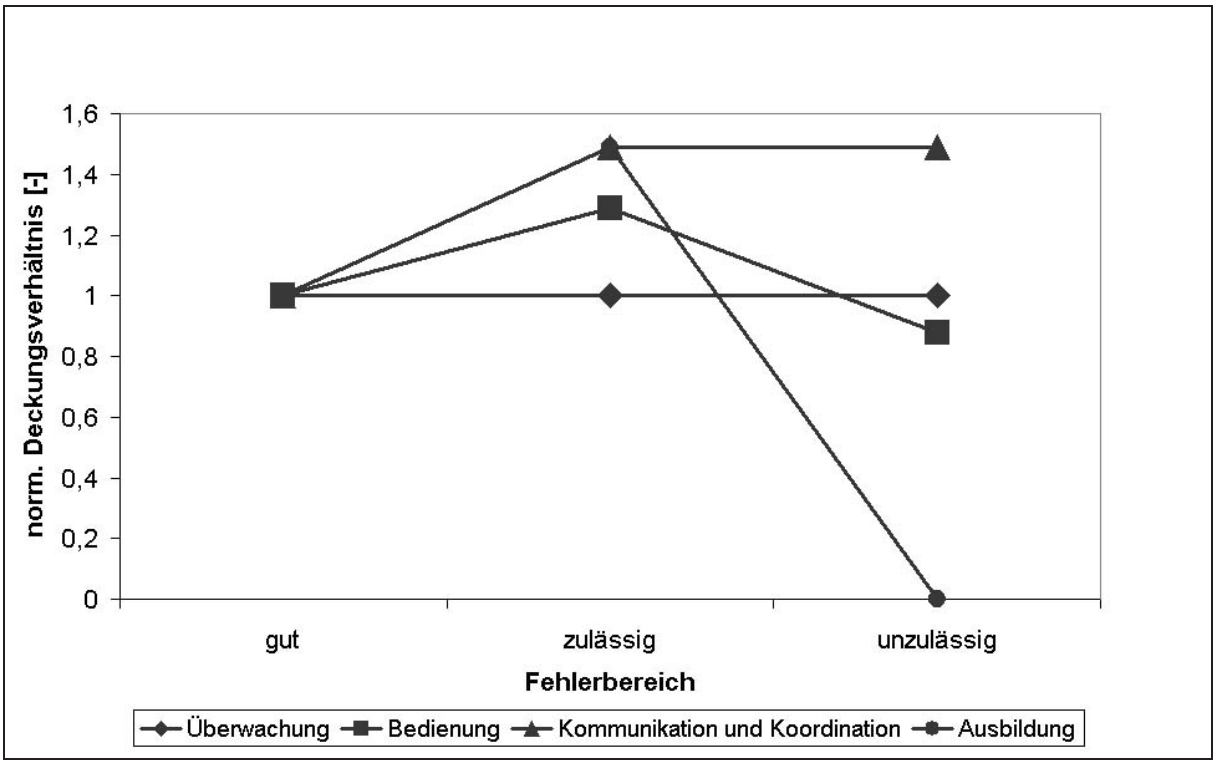


Abb. 3.5 Bedeutung der Aufgabenfelder nach Fehlerbereichen des Betriebes

Die Überwachung hat in allen Betriebszuständen dieselbe Bedeutung. Die übrigen Aufgabenfelder gewinnen im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb an Bedeutung. Aufgaben der Koordination und Kommunikation werden verstärkt im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb wahrgenommen.
Die Ausbildung von Operateuren wird bei Störfällen ausgesetzt, weil dies eine unnötige zusätzliche Belastung darstellt. Umso wichtiger muss es sein, die Simulation von solchen kritischen Betriebszuständen in der Industrie umzusetzen.
Die Bedienung nimmt ab in dem kritischsten Zustand, da das PLS so ausgelegt ist, dass die Anlage automatisch herunter gefahren wird um Bedienungsfehler zu vermeiden. Dieser Punkt spiegelt die derzeitige Sicherheitsphilosophie der Industrie wider, diese wird von uns jedoch nicht geteilt. Nimmt man dem Operateur die Möglichkeit hier einzugreifen, so wird sich dies als nachteilig erweisen, wenn in einem Störfall dann auch die Sicherheitstechnik versagt. Der Operateur hat dann weder die Erfahrung noch das Wissen mit dieser Extremsituation umzugehen, denn er wurde bisher als Problem angesehen, dem mit „sicherer Technik“ entgegengewirkt wurde. Sieht man den Operateur als Problemlösungskapazität und bildet ihn entsprechend aus, steigt die Möglichkeit dass er auch bei einem Versagen der Technik adäquat handeln kann.

Die Abbildung 3.5 zeigt auf, dass dem Operateur bezüglich sämtlicher Aufgabenfelder im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb innerhalb des zulässigen Fehlerbereiches am meisten abverlangt wird. In diesem Zustand zwischen bestimmungsgemäßen Betrieb und Störfall bzw. Notabfahren muss sehr viel gesteuert und geregelt werden. Alternativ erfolgt ein Eingriff in die Anlage damit die Prozessparameter wieder in den Gutbereich gelangen. In solchen Situationen erfolgt auch sehr viel mehr Kommunikation und Koordination mit Anlagenoperateuren und Kollegen in der Warte bzw. den Vorgesetzten, um Instandsetzungsarbeiten in Auftrag zu geben oder zu koordinieren.

3.3 Qualifikation der Operateure

3.3.1 Qualifikationen aus der Literatur

3.3.1.1 Voraussetzungen für den Operateur

Ein Operateur muss physische und psychische Voraussetzungen erfüllen, wobei sich die physischen aus der Aufgabenstellung und dem Arbeitsablauf ergeben, die psychischen Voraussetzungen hingegen durch den Arbeitsinhalt bestimmt werden.
Da bei Überwachungsaufgaben der Mensch eine wesentliche Fehlerquelle ist, muss das Verhalten des Menschen in konkreten extremen Fehlersituationen untersucht und die physischen Möglichkeiten erforscht werden /Goruchin 83/. Bei den physischen Voraussetzungen ist die Farbsehtüchtigkeit sehr wichtig /Rosier 83/, da die meisten Bildschirmdarstellungen in Farbe erfolgen. Dadurch, dass beim Arbeitsplatz des Operateurs meistens zwei oder drei Bildschirme nebeneinander stehen, kommt es häufig zu Blickwechseln, wobei Adaptation, Akkommodation und Konvergenzbewegungen eine Rolle spielen /Charwat 82/.
Zur Überprüfung der physiologischen Eignung für die Arbeit in Leitwarten stellen die Unfallversicherungsträger in dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen G 25 „Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten“ Mindestanforderungen an den arbeitsmedizinischen Untersuchungsumfang /BG 00/. Diese umfassen, neben einer ganzkörperlichen Untersuchung unter spezieller Berücksichtigung von Herz-Kreislaufstörungen sowie neurologischen und psychischen Auffälligkeiten die Untersuchung von Seh- und Hörfähigkeit. Die untersuchten Sehfunktionen sind:

- Sehschärfe
- Räumliches Sehen
- Farbsehen
- Gesichtsfeld
- Dämmerungssehen
- Blendungsempfindlichkeit

Beim Hörvermögen wird das Sprachverständnis bei Flüster- oder Umgangssprache festgestellt. Lediglich bei Überwachungstätigkeiten mit erhöhten Anforderungen kann die Untersuchung umfangreicher ausfallen. So kann in Zweifelsfällen eine Audiome-

trie durchgeführt werden. Diese Vorsorgeuntersuchung ist im Vergleich zu Vorsorgeuntersuchungen im Umgang mit bestimmten Gefahrstoffen vom Unfallversicherungsträger grundsätzlich nicht vorgeschrieben, sie wird jedoch im Rahmen von Betriebsvereinbarungen oft verbindlich gemacht. In den zu diesem Projekt untersuchten Betrieben ist die Untersuchung nach G 25 Standard.

Anlagenfahrer gehen in komplexen Situationen im Modus des subjektivierenden Arbeitshandelns vor (Dies bedeutet auf Erfahrungen beruhende, kontextuell verankerte Such- und Lösungsstrategien). Die Merkmale des subjektivierenden Arbeitshandelns sind:

- Aktive, differenzierte sinnliche Wahrnehmung und ihre Ergänzung durch Vorstellung.
- Synchronisation des Arbeitshandelns mit technischen Abläufen durch aktiv-reaktive Vorgehensweisen und die Transformation intransparenter Prozesse in erfahrungsmäßig nachvollziehbare Abläufe.
- Emotionales Involvement in das Prozessgeschehen, wodurch schwierige und kritische Situationen als positive Herausforderung und sicherer Prozessverlauf als subjektiv befriedigend erlebt werden /Rose 93/.

Außerdem müssen Arbeitskräfte bei der Bewertung von Prozesszuständen weitere spezifische Fähigkeiten einsetzen können, wie zum Beispiel individuell ausgebildetes Differenzierungsvermögen, um sinnlich wahrnehmbare Eindrücke über das alltägliche Maß hinaus zu unterscheiden. Weiterhin muss eine erfahrene Arbeitskraft die Fähigkeit besitzen, zeitliche und räumliche Gegebenheiten von Prozessabläufen mit dem individuellen Zeiterlebnis zu synchronisieren. Es kommt darauf an, in bestimmten Situationen zeitkritisch und reaktionsschnell zu korrigieren und zu manipulieren.
Die Operateurtätigkeit erzwingt vorausschauend planvolles, durch Selbstkontrolle überwachtes Handeln, wozu typisch menschliche Eigenschaften einzusetzen sind /Charwat 82/. Bei der Überwachung treten, grob unterschieden, folgende grundlegende Dialogoperationen auf:

- visuelle Datenentnahme
- Informationseingabe (mit Hilfe eines Pultes)
- Realisierung von Entscheidungen nach Sekundärinformation /Goruchin 83/

Dabei ist es wichtig, dass Operateure Gewohnheiten herausbilden und einen sicheren Dialog am Bedienpult erlernen.

3.3.1.2 Kenntnisse des Operateurs

Weiterhin sollte ein Operateur Kenntnisse über die Anlage besitzen. Diese lassen sich in Kenntnis-Kategorien und Kenntnis-Inhalte unterteilen /Wirstad 83/, die in Tabelle 3.8 aufgelistet sind.

Tab. 3.8 Kenntniskategorien und -inhalte

Kenntniskategorien	Kenntnisinhalte
Kenntnis über Anlagenkonfiguration	Technische Systeme
Kenntnisse der Einzelkomponenten	Organisatorische Einheiten oder Personen
Kenntnisse zur Bedienung	Dokumente
System- und Prozess-Kenntnisse	Handbücher
Kenntnisse zur Identifikation und Lokalisierung von Störungen	Störfälle
Kenntnisse für den Normalbetrieb und Maßnahmen in Störfällen	Einzeltätigkeiten
Organisatorische Kenntnisse	
Verwaltungs-Kenntnisse	
Kenntnisse über Sicherheitsvorschriften und zur Überwachung	

Außerdem sollten gewissen Voraussetzungen bezüglich der Schulbildung erfüllt sein, wie zum Beispiel Kenntnisse in Mathematik, Physik, Chemie, Technologie und Technik. Eine gute Ausbildung und gutes Training ist Grundvoraussetzung für optimale Bedienung, dazu gehören auch „training on the job“, sowie das Trainieren von selten auftretenden Situationen mit Hilfe von Simulatoren (z. B. mit trial and error).
Außerdem wachsen mit ansteigendem Automatisierungsgrad die Anforderungen an den Ausbildungsstand des Bedienpersonals. So ist immer mehr eine sichere Handhabung der Bedienoberfläche eines PLS, die Bedienung und Beobachtung von Prozessen im Normalbetrieb, das An- und Abfahren von Prozessen, die Vermittlung

verfahrenstechnischer Zusammenhänge, die Beherrschung von Störfällen und Ausnahmesituationen sowie die Optimierung von Regelparametern gefordert /Kurrle 94/.Auch bei Arbeitssituationen, bei denen:

- neuartige Probleme auftreten,
- eine Vielzahl sich gegenseitig beeinflussender Prozessparameter optimiert werden müssen,
- Störungen vermieden oder Störquellen gefunden und Ansatzpunkte zu Behebung von Störungen ermittelt werden müssen,
- es auf ein zeitkritisches, reaktionsschnelles Handeln ankommt,

spielt das so genannte „implizite Erfahrungswissen“ eine große Rolle.

Die besondere Leistungskraft des Erfahrungswissens besteht darin, dass der Operateur kognitiv gespeicherte Handlungsweisen in der ganzen Breite auf einmal aktivieren kann. Besonders wichtig ist dies für das Herausbilden von Alternativen in Problemsituationen und für zeitkritische Bewertungen von Parametertrends rückgemeldeter Prozessdaten. Aufgrund dieses Wissens weiß der Anlagenfahrer, wann überprüfte Daten ungewöhnlich sind, wie Randbedingungen stabilisiert werden können und welche Quellen für Störungen zu prüfen sind /Rose 93/.

Derartiges Fachkönnen lässt sich nicht allein durch theoretische Schulung aufbauen, sondern muss durch langjährige Betriebserfahrungen untermauert werden /Charwat 82/.

Die nötigen Qualifikationen hängen von den zu bewältigenden Aufgaben ab. Im Schaubild in der Abbildung 3.6 /Schmidt 98/, sind mit Hilfe eines Balkendiagramms die qualifikatorischen Anforderungen an Fachkräfte in der chemischen Industrie dargestellt. In der Abbildung sind die Bereiche der Qualifikationen dargestellt, die in Tabelle 3.9 /Schmidt 98/ aufgeführt sind. Die Qualifikationsstufen werden unterschieden in Wissen (know), Benutzen (use), Beherrschen (master), Verstehen (understand), Lösen (solve) und Zusammenarbeiten (work together), wobei die Anforderungen in der genannten Reihenfolge steigen.

Tab. 3.9 Bereiche der Qualifikationen

Qualifikationsstufen	Qualifikationen
~ 4	Wissen über grundlegende Prinzipien
5 ~ 14	Wissen über math. / phys. Prinzipien
15 ~ 26	Wissen über Beispiele
27 ~ 36	Benutzen von Beispielen in der Praxis
37 ~ 47	Wissen von Anwendungen in Einsatzgebiet
48 ~ 58	Benutzen von grundlegenden Prinzipien
59 ~ 71	Beherrschen von math. / phys. Prinzipien
72 ~ 82	Verstehen von Beispielen
83 ~ 92	Lösen von Aufgaben in Team
93 ~	Wissen von Anwendungen in Einsatzgebiet und Zusammenarbeiten mit anderen Experten

Das Balkendiagramm stellt die Anforderungen für den Betrieb eines Systems dar. Es ist ersichtlich, dass diese steigen, je fundierter das benötigte Wissen sein muss, z. B. für die Systemarchitektur.

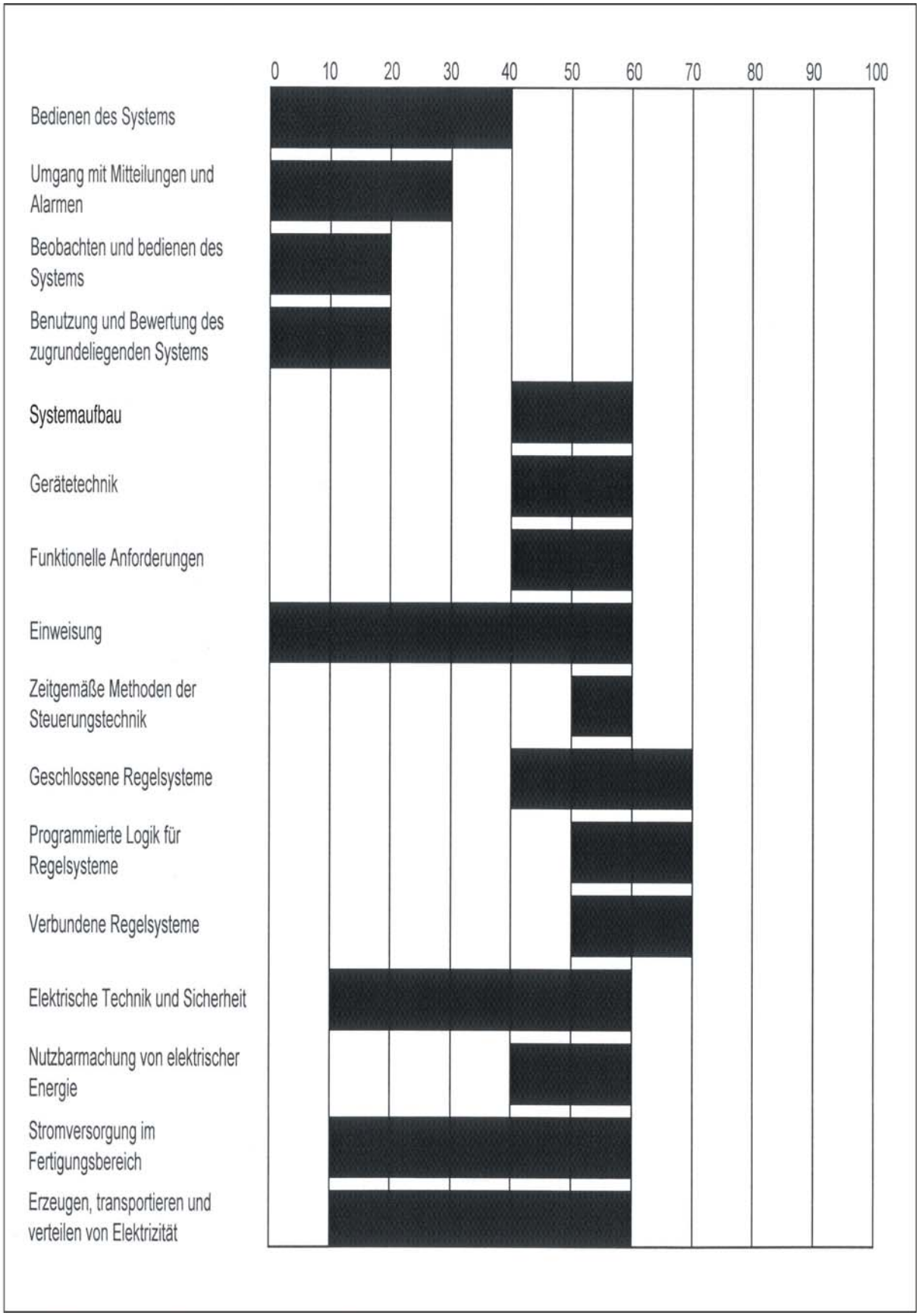


Abb. 3.6 Qualifikatorische Anforderungen an Fachkräfte in der chemischen Industrie

3.3.2 Qualifikationsanalyse über die Matrizen

Anhand der an die Operateure gestellten Aufgaben wurden die Qualifikationen zum einen aus den Anforderungen, die von der Betriebsleitung an sie gestellt werden und zum anderen aus den Operateurinterviews, unter Berücksichtigung der Literatur ermittelt.

Die Analyse erfolgt über Matrizen in denen die zehn Aufgaben (siehe Tab. 3.2 in Kap. 3.2.3) vordefinierten Qualifikationen gegenübergestellt werden. Dafür erfolgt eine Einteilung der Qualifikation in drei Kompetenzbereiche der Fach-, Methoden- und Sozialkompetenz. Da die physiologischen Grundvoraussetzungen die Basis bilden und auf jeden Fall von dem Operateur erfüllt sein müssen, werden diese Qualifikationen in der Matrix nicht berücksichtigt.

Die Fachkompetenz eignet sich der Operateur im Laufe seiner Ausbildung und Betriebszugehörigkeit an. Sie umfasst folgende Qualifikationen:

- Wissen der physikalischen-chemischen und verfahrenstechnischen Kenntnisse und Prinzipien,
- Wissen der stoff- und verfahrensspezifischen Kenntnisse (Parameter mit deren Toleranz und Varianz),
- Wissen der betriebsspezifischen Kenntnisse (Verfahrenstechnik und PLS),
- Kenntnis des Gefahrenpotentials der Anlage,
- Wissen um die Organisationsform und das Meldewesen in allen Betriebszuständen,
- Erkennen aller Betriebszustände,
- Sicheres Bedienen (richtiger Befehl, richtiger Knopf zur richtigen Zeit),
- Fähigkeit des spontanen Agierens / Reagierens und
- Fähigkeit für parallele zeitgleiche Ausführungen von verschiedenen Tätigkeiten.

Die Methodenkompetenz umfasst die Fähigkeiten des Operateurs, das sich angeeignete Wissen in Problemlösungen umzusetzen und Strategien für die Erfüllung der sich je nach Anlagensituation ändernden Arbeitsaufgabe zu entwickeln. Hierzu gehören:

- Fehler / Ursache identifizieren und lokalisieren,
- Wissenstransfer leisten,
- Umsetzen des Erfahrungswissens in neue Problemlösungen,

- Systemanalytisches Denkvermögen (Denken in Zusammenhängen),
- Einfallsreichtum, Improvisationsfähigkeit und
- Umstellungsfähigkeit (wechselnde Aufgaben), geistige Flexibilität.

Um sich in das soziale Gefüge des Betriebes einzufügen, benötigt der Operateur folgende Sozialkompetenzen:

- Teamfähigkeit,
- Ertragen von Stress,
- Kommunikative Fähigkeiten,
- Verantwortungsbewusstsein und
- Fähigkeit andere bei der Arbeit anzuleiten.

Über die Analyse soll dargestellt werden bei welcher Aufgabe welche Qualifikationen von Bedeutung sind. Diese Analyse berücksichtigt wiederum die oben vorgestellten drei Übergruppen der Betriebszustände. Somit ergeben sich drei Matrizen, die nun in den folgenden drei Tabellen dargestellt werden sollen.

Neben einer genaueren Aufschlüsselung, für welche Aufgabe welche Qualifikationen notwendig sind, soll so auch ausgewertet werden, wie sich die Anforderung an die Qualifikationen des Operateurs bezüglich der Betriebszustände ändern.

Tab. 3.10 Matrix der Qualifikation der Operateure im bestimmungsgemäßen Betrieb

bestimmungsgemäßer Betrieb			Über-wachung	Bedienung				Koordination und Kommunikation				Aus-bildung
Kompetenz	Aufgaben		Überwachung	Inbetriebnahme / Außerbetriebnahme	regeln /steuern (SOLL/IST-Abgleich)	Eingriff in Prozess- oder Verfahrensparameter	Bedienung nach Unterlage	Protokollierung	Koordination mit den Außenoperateuren	Koordination in der Warte	Alarmierung nach Plan	Einarbeitung neuer Operatoren
Qualifikationen			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fachkompetenz	Wissen der physikalisch-chemischen und verfahrenstechnischen Kenntnisse und Prinzipien	1				1						1
	Wissen der stoff- und verfahrensspezifischen Kenntnisse (Parameter mit deren Toleranz und Varianz)	2	1	1	1	1						1
	Wissen der betriebsspezifischen Kenntnisse (Verfahrenstechnik und PLT)	3	1	1	1	1	1		1	1		1
	Kenntnis des Gefahrenpotentials der Anlage	4		1		1			1	1		1
	Wissen um die Organisationsform und das Meldewesen in dem Betriebszustand	5		1		1			1	1		1
	Erkennen des Betriebszustandes	6	1	1		1	1	1				1
	sicheres Bedienen (richtiger Befehl, richtiger Knopf zur richtigen Zeit)	7		1	1	1			1	1		1
	Fähigkeit des spontanen Agierens / Reagierens	8	1	1	1	1					1	
	Fähigkeit für parallele zeitgleiche Ausführungen von verschiedenen Tätigkeiten	9		1		1						
Methodenkompetenz	Fehler / Ursache identifizieren und lokalisieren	10	1	1	1	1			1	1	1	
	Wissenstransfer leisten	11		1		1						
	Umsetzen des Erfahrungswissens in neue Problemlösungen	12		1		1						
	Systemanalytisches Denkvermögen (Denken in Zusammenhängen)	13		1		1				1	1	
	Einfallsreichtum, Improvisationsfähigkeit	14										
	Umstellungsfähigkeit (wechselnde Aufgaben)	15		1		1						
Sozialkompetenz	Teamfähigkeit	16		1		1			1	1		
	Ertragen von Stress	17		1	1	1						
	kommunikative Fähigkeiten	18						1	1	1		1
	Verantwortungsbewusstsein	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Fähigkeit andere bei der Arbeit anzuleiten	20	1	1	1	1	1		1	1	1	1

Tab. 3.11 Matrix der Qualifikation der Operateure im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb innerhalb des zulässigen Fehlerbereiches

nicht bestimmungsgemäßer Betrieb			Überwachung	Bedienung				Koordination und Kommunikation				Ausbildung
Kompetenz	Aufgaben		Überwachung	Inbetriebnahme / Außerbetriebnahme	regeln /steuern (SOLL/IST-Abgleich)	Eingriff in Prozess- oder Verfahrensparameter	Bedienung nach Unterlage	Protokollierung	Koordination mit den Außenoperateuren	Koordination in der Warte	Alarmierung nach Plan	Einarbeitung neuer Operatoren
Betriebszustände			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fachkompetenz	Wissen der physikalisch-chemischen und verfahrenstechnischen Kenntnisse und Prinzipien	1		1	1	1						1
	Wissen der stoff- und verfahrensspezifischen Kenntnisse (Parameter mit deren Toleranz und Varianz)	2	1	1	1	1						1
	Wissen der betriebsspezifischen Kenntnisse (Verfahrenstechnik und PLT)	3	1	1	1	1	1		1	1	1	1
	Kenntnis des Gefahrenpotentials der Anlage	4	1	1	1	1			1	1		1
	Wissen um die Organisationsform und das Meldewesen in dem Betriebszustand	5		1		1		1	1	1	1	1
	Erkennen des Betriebszustandes	6	1	1		1	1	1	1	1	1	1
	sicheres Bedienen (richtiger Befehl, richtiger Knopf zur richtigen Zeit)	7		1	1	1	1		1	1		1
	Fähigkeit des spontanen Agierens / Reagierens	8	1	1	1	1			1	1	1	
	Fähigkeit für parallele zeitgleiche Ausführungen von verschiedenen Tätigkeiten	9		1	1	1		1	1	1		
Methodenkompetenz	Fehler / Ursache identifizieren und lokalisieren	10	1	1	1	1			1	1	1	
	Wissenstransfer leisten	11	1	1	1	1			1	1		
	Umsetzen des Erfahrungswissens in neue Problemlösungen	12		1	1	1			1	1		
	Systemanalytisches Denkvermögen (Denken in Zusammenhängen)	13		1	1	1			1	1		
	Einfallsreichtum, Improvisationsfähigkeit	14		1	1	1						
	Umstellungsfähigkeit (wechselnde Aufgaben)	15		1	1	1			1	1		
Sozialkompetenz	Teamfähigkeit	16	1	1	1	1	1		1	1		1
	Ertragen von Stress	17		1				1	1	1	1	1
	kommunikative Fähigkeiten	18		1				1	1	1	1	1
	Verantwortungsbewusstsein	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Fähigkeit andere bei der Arbeit anzuleiten	20	1		1		1		1	1	1	1

Tab. 3.12 Matrix der Qualifikation der Operateure im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb innerhalb des unzulässigen Fehlerbereiches

nicht bestimmungsgemäßer Betrieb			Überwachung	Bedienung				Koordination und Kommunikation				Ausbildung
Kompetenz	Aufgaben		Überwachung	Inbetriebnahme / Außerbetriebnahme	regeln /steuern (SOLL/IST-Abgleich)	Eingriff in Prozess- oder Verfahrensparameter	Bedienung nach Unterlage	Protokollierung	Koordination mit den Außenoperateuren	Koordination in der Warte	Alarmierung nach Plan	Einarbeitung neuer Operatoren
Betriebszustände			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fachkompetenz	Wissen der physikalisch-chemischen und verfahrenstechnischen Kenntnisse und Prinzipien	1	1	1	1	1			1	1	1	
	Wissen der stoff- und verfahrensspezifischen Kenntnisse (Parameter mit deren Toleranz und Varianz)	2	1	1	1	1			1	1	1	
	Wissen der betriebsspezifischen Kenntnisse (Verfahrenstechnik und PLT)	3	1	1	1	1			1	1	1	
	Kenntnis des Gefahrenpotentials der Anlage	4	1	1	1	1			1	1	1	
	Wissen um die Organisationsform und das Meldewesen in dem Betriebszustand	5		1		1		1	1	1	1	
	Erkennen des Betriebszustandes	6	1	1	1		1	1	1	1	1	
	sicheres Bedienen (richtiger Befehl, richtiger Knopf zur richtigen Zeit)	7		1	1	1	1		1	1		
	Fähigkeit des spontanen Agierens / Reagierens	8	1	1	1	1			1	1	1	
	Fähigkeit für parallele zeitgleiche Ausführungen von verschiedenen Tätigkeiten	9	1	1	1	1		1	1	1	1	
Methodenkompetenz	Fehler / Ursache identifizieren und lokalisieren	10	1	1	1	1			1	1	1	
	Wissenstransfer leisten	11	1	1	1	1			1	1	1	
	Umsetzen des Erfahrungswissens in neue Problemlösungen	12		1	1	1			1	1	1	
	Systemanalytisches Denkvermögen (Denken in Zusammenhängen)	13	1	1	1	1			1	1	1	
	Einfallsreichtum, Improvisationsfähigkeit	14		1	1	1			1	1		
	Umstellungsfähigkeit (wechselnde Aufgaben)	15		1	1	1			1	1		
Sozialkompetenz	Teamfähigkeit	16		1		1			1	1		
	Ertragen von Stress	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	kommunikative Fähigkeiten	18		1				1	1	1	1	
	Verantwortungsbewusstsein	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Fähigkeit andere bei der Arbeit anzuleiten	20										

3.3.2.1 Auswertung der Matrizen

Über die Matrizen ist festzustellen, dass die Qualifikationen eines Operateurs bei der Ausführung der Aufgaben selbst variieren. Die Qualifikationen erhalten aber auch bei den unterschiedlichen Betriebszuständen mehr oder weniger Gewicht. Zur Auswertung wird auch hier das Deckungsverhältnis in den Untermatrizen der einzelnen Kompetenzen im Gutbereich wieder als Mindeststandard angesehen und in den Abbildungen 3.7 bis 3.9 die relative Veränderung der Kompetenzen je nach Aufgabenfeld zum Betriebszustand dargestellt.

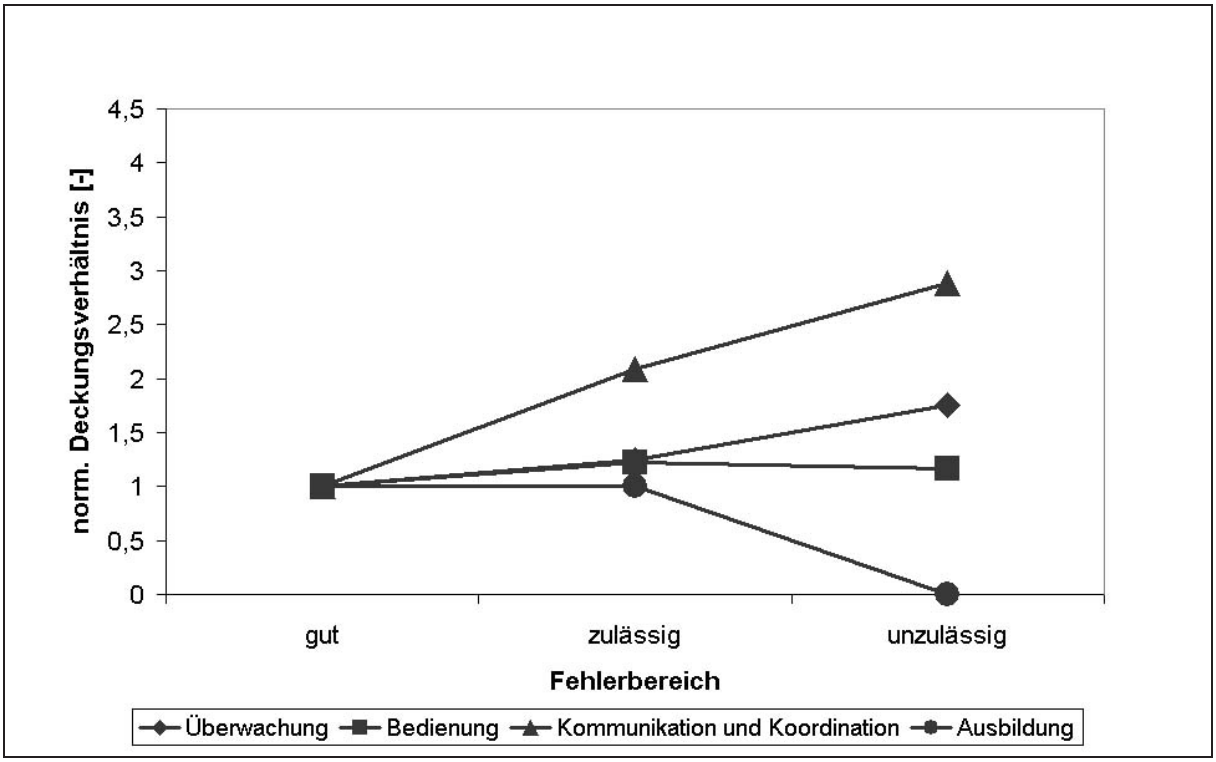


Abb. 3.7 Änderung der Fachkompetenz über die Betriebszustände

Während die Fachkompetenz bei der Ausbildung gleichbedeutend ist, so steigt deren Bedeutung bei Aufgaben der Überwachung, vor allem aber bei Aufgaben der Kommunikation und Koordination, sehr stark an.

Bei Bedienungsaufgaben wird von den Operateuren weniger Fachkompetenz bei Betriebszuständen im unzulässigen Fehlerbereich abverlangt, weil die Anlagen automatisch notabfahren. Hier fordern die Betriebszustände im zulässigen Fehlerbereich mehr Fachkompetenz ab.

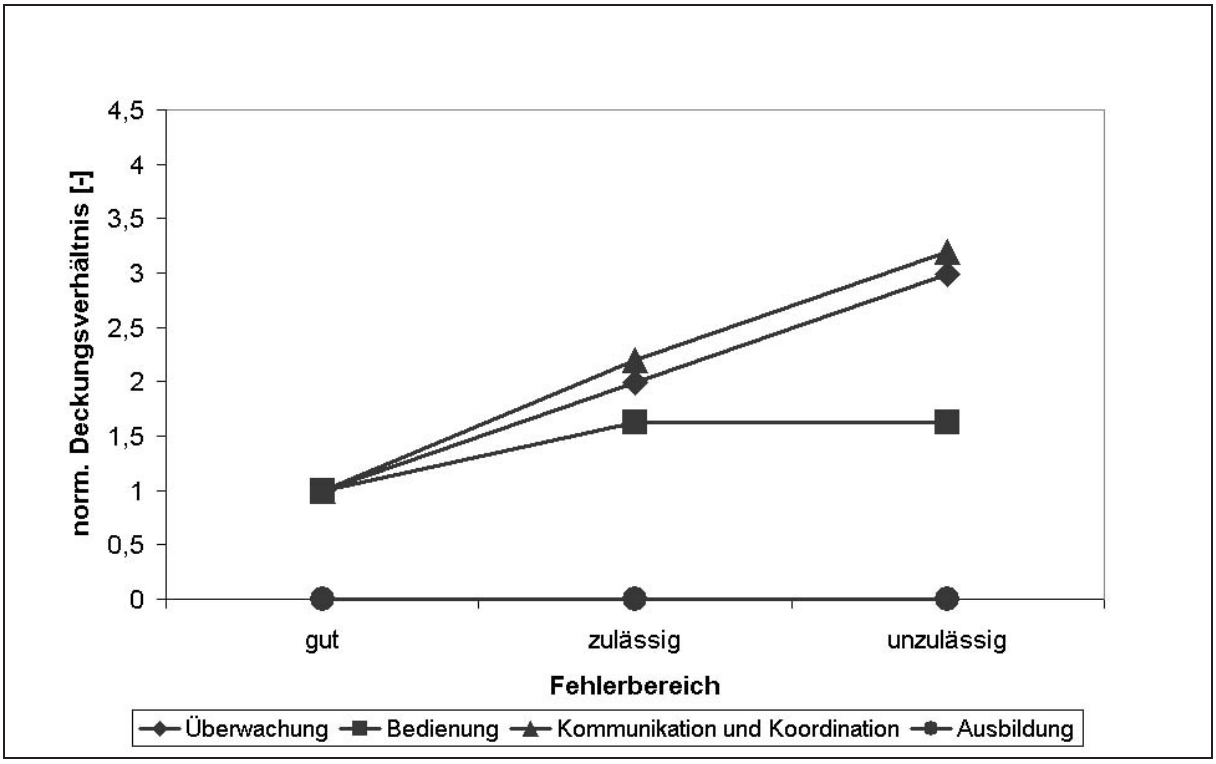


Abb. 3.8 Änderung der Methodenkompetenz über die Betriebszustände

Bezüglich der Ausbildung spielt die Methodenkompetenz des anleitenden Operateurs ein stark zurückgestellte Rolle im Vergleich zur Fach- und Sozialkompetenz.
Die Methodenkompetenz ist zunehmend bei Aufgaben der Überwachung und der Kommunikation bzw. Koordination von Bedeutung. Diese Form der Kompetenz spielt bei der Bedienung im Störfall oder des Notabfahrens eine untergeordnete Rolle, da hier die Automatisierung voll greift.

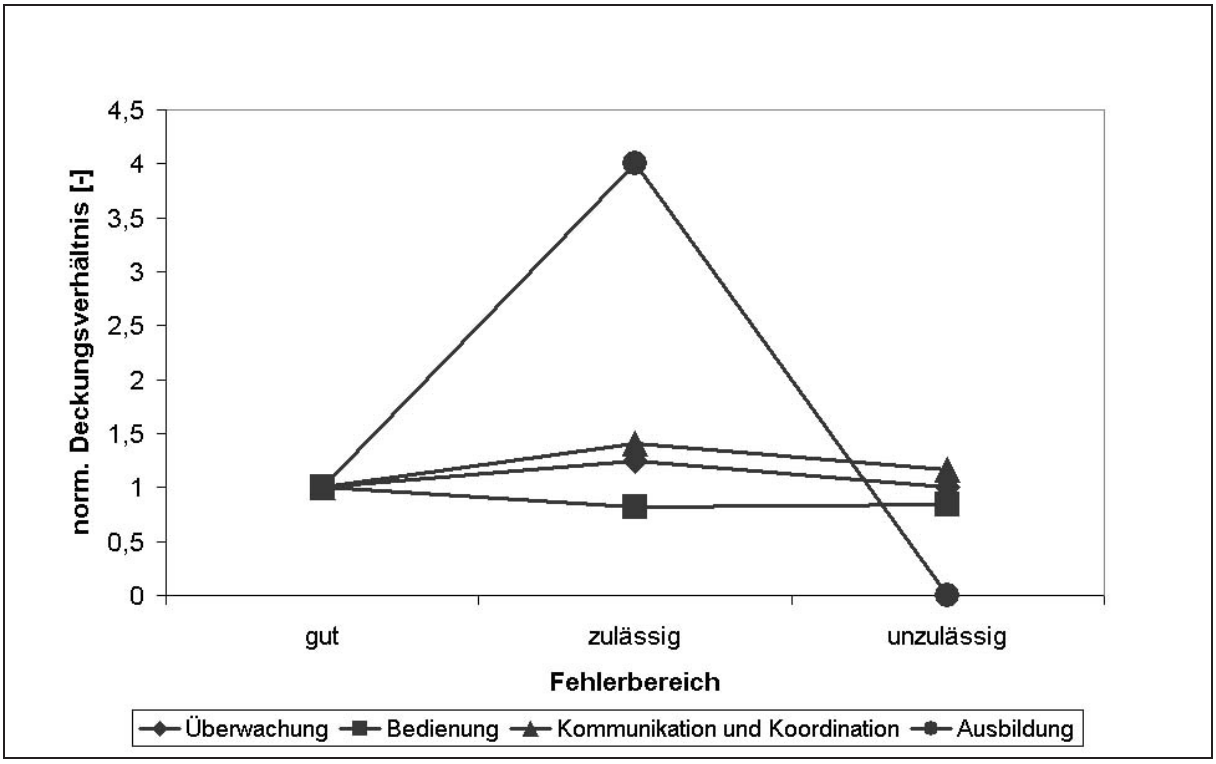


Abb. 3.9 Änderung der Sozialkompetenz über die Betriebszustände

Gerade bezüglich der Ausbildung unerfahrener Operateure im zulässigen Fehlerbereich der Anlage wird von dem anleitenden Operateur mehr Sozialkompetenz abverlangt.

Im zulässigen Fehlerbereich der Anlage wird dem Operateur, auch bei Aufgaben der Überwachung und Koordination und Kommunikation am meisten Sozialkompetenz abverlangt, weil er in diesem Zustand mit anderen Operateure aber auch Arbeitnehmern in der Anlage in Kontakt zu stehen hat, gleichzeitig aber die Anlage wieder in den Gutbereich überführen muss. In Abb. 3.9 zeigt sich, dass menschliche (soziale) Fähigkeiten im unzulässigen Fehlerbereich weniger eine Rolle spielen.

Für die Anforderungen an die Arbeitsunterlagen ist eine Betrachtung der Qualifikationen der Fach- und Methodenkompetenz aufschlussreich, da der Operateur besonders diese Qualifikationen für ein sicheres und vorausschauendes Fahren der Anlage benötigt. Hierbei ist zu beachten, dass der Operateur je nach Betriebszustand der Anlage eine unterschiedliche Wissenstiefe benötigt bzw. sich das Qualifikationsniveau mit steigender Anforderung anheben muss. Aus sicherheitstechnischer Sicht hat diese Verschiebung des Schwerpunktes der Operateurqualifikation eine hohe Bedeutung, wird dem Operateur doch besonders für seltene und kritische Situationen wie z. B. bei einem Störfall eine hohe Beanspruchung abverlangt.

Zur Verdeutlichung dieses Aspektes soll ein Beispiel aus dem täglichen Leben dienen, das Führen eines Kraftfahrzeuges.

In der nachstehenden Tabelle sind in der ersten Spalte die Qualifikationen aufgeführt, die im Wesentlichen für das Führen eines Kraftfahrzeuges im normal ablaufenden Straßenverkehr benötigt werden. In der zweiten Spalte sind die im Falle eines „Störfalles“, also beispielsweise eines plötzlich auftauchenden Hindernisses, benötigten Qualifikationen des Fahrers mit den unterschiedlichen Niveaus aufgeführt. So braucht der Fahrer nun manche Qualifikationen nicht mehr (gekennzeichnet mit „/“), andere jedoch in einem höheren Maße (gekennzeichnet durch eine steigende Zahl an „+“). Besonders bei der technischen Kenntnis gibt es einen starken Niveauunterschied, da der Fahrer nicht mehr die grundlegenden Kenntnisse benötigt, sondern Kenntnisse, wie sich das Fahrzeug im Extremfall verhält und wie er darauf zu reagieren hat.

Tab. 3.13 Niveauverschiebung der Qualifikation am Beispiel „Führen eines KFZ“

Qualifikation	
normal	Extremsituation
Spur halten können	/
sehen können	+++
motorische Fähigkeiten (greifen, treten u. ä.)	+++
Monotoniebewältigung	/
Konzentrationsfähigkeit	/
Reflexe / Intuition	+++
Reaktionsfähigkeit	+++
motorische Koordination	+++
Regelkenntnis	/
technische Kenntnis [im Grenzbereich]	/ [+]
Verknüpfung Auto <-> Umwelt	+++
soziales Verhalten (Rücksicht, Verantwortungsbewusstsein)	+
Weitsicht	/

Für die Arbeitsunterlagen bedeutet das, dass sie den Operateur auf solche Situationen vorbereiten bzw. ihn in die Lage versetzen müssen in der entsprechenden Situa-

tion richtig zu reagieren. Da im Grenzfall keine bis wenig Zeit zum Handeln zur Verfügung steht, werden solche Arbeitsunterlagen hauptsächlich als Trainings- und Schulungsunterlagen Verwendung finden. Auch ist es an dieser Stelle überaus wichtig den Operateur bei der Erstellung der Arbeitsunterlagen mit ein zu beziehen. Des Weiteren muss insbesondere bei diesen Arbeitsunterlagen auf eine klare sprachliche und inhaltliche Struktur sowie auf einen leichten und schnellen Zugriff geachtet werden.

3.3.3 Stand der Ausbildung nach der Betriebsanalyse

In der Literatur gibt es ausführliche Angaben zu den unterschiedlichen Berufsbildern. Da die in den Betrieben vorgefundenen Facharbeiterausbildungen, die als Vorqualifizierung zum Operateur dienen, sehr unterschiedlich sind, wird an dieser Stelle auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet. Von größerer Wichtigkeit erscheint im Rahmen des Projektzieles die weiterführende Qualifikation, die für den Einsatz als Operateur an einem PLS benötigt und verlangt wird, da in diese betriebsspezifische Kenntnisse eingehen. Aus diesem Grund wurden zur Erhebung des aktuellen Standes der Ausbildung zwei Wege beschritten: Zum einen wurden acht Hersteller von PLS befragt, wie sie die Ausbildung des Leitwartenpersonals ihrer Kunden durchführen. Zum anderen wurde die Ausbildung innerhalb der fünf Betriebe mit PLS im Rahmen der Betriebsbegehungen erhoben.

Folgende Angaben sind Ergebnisse der Auswertung standardisierter Fragebögen, die von acht Herstellern ausgefüllt wurden: Die Ausbildung eines Operateurs ist sehr unterschiedlich und hängt stark vom Einsatzgebiet des Systems und des Operateurs ab. Zunächst wurde in diesem Zusammenhang ermittelt, welche Berufsausbildung die von den Herstellern geschulten Personen mit sich bringen. Die Angaben zu der Berufsausbildung der Auszubildenden streuten vom Ungelernten ohne Erfahrung am Computer bis hin zum Facharbeiter, der die nötigen Prozess- und EDV-Kenntnisse besitzt. Wichtig sind nach Angaben der Hersteller weniger die eigentliche Berufsausbildung der Personen, als vielmehr die Kenntnisse über den Prozess und die Verfahren, die mittels PLS geführt werden oder werden sollen.
Um herauszufinden, welche Ziele die Hersteller über ihre Aus- und/oder Fortbildungen erreichen wollen, wurde gefragt welches Handlungswissen ihrer Meinung nach

ein Operateur erwerben sollte. Die gemachten Angaben variieren von Computergrundwissen und Verfahrenskenntnissen über Wissen über den Funktionsumfang, Technologie- und Prozesswissen, bedingte Prozessleittechnik-Kenntnisse bis hin zu den vertieften Prozesskenntnissen.
Im Bezug auf die Ausbildung bezüglich Extremsituationen wird laut der Firmen bei sieben von acht auf Verhalten bei Störfallen eingegangen, jedoch nur bei vier von acht Fällen auch eine Störfallsimulation durchgeführt. Es ist als Defizit bei der Störfallausbildung zu sehen, wenn lediglich 50 % die Simulation solcher Zustände durchführen.
Sieben der Unternehmen schulen die Operateure ihrer Kunden selbst und fünf bilden die Operateure auch nach Antritt der Wartentätigkeit weiter. In welchen Abständen die Schulungen stattfinden wurde allerdings unzureichend beantwortet. Die Frage nach der Regelmäßigkeit der Schulung konnten nur drei Hersteller mit Ja beantworten, bei der Frage nach der Häufigkeit machten sechs Firmen keine Angaben.
In den folgenden Kapiteln soll nun die Ausbildung in den fünf betrachteten Betrieben beschrieben werden.

3.3.3.1 Betrieb A (Luftzerlegung)

Betrieb A verlangt von denen zur Ausbildung stehenden Operateuren eine Vorqualifizierung. Diese Vorqualifizierung sieht eine abgeschlossene Berufsausbildung in den Bereichen Chemikant, Mess- und Regelungsmechaniker oder Schlosser vor. Teilweise wird die Fachausbildung auch im Betrieb erlangt. Es wird bewusst Wert auf Kombination und Mischung bezüglich der Grundkenntnisse der Auszubildenden gelegt, damit später auch innerhalb einer Schicht Operateure mit unterschiedlichen Berufen in der Leitwarte arbeiten, um die Vorteile einer jeden Ausbildung nutzen zu können.
Die Ausbildung zum Operateur gliedert sich in eine zweijährige Weiterbildung im Betrieb. Während dieser Zeit wird jedes halbe Jahr ein Ausbilder aus einem anderen Anlagenteil eingesetzt. Dieser Wechsel ist notwendig, damit der spätere Operateur alle Anlagen im Betrieb bedienen kann. Ziel der Ausbildung ist es, dass nach zwei Jahren jeder Operateur alle Anlagenteile fahren kann. Jeder Anlagenmitarbeiter muss sowohl Aufgaben im Außenbereich als auch in der Messwarte beherrschen.

Aus diesem Grund erfolgt auch ein wöchentlicher Wechsel zwischen den verschiedenen Tätigkeitsbereichen.
Für bestimmte Bereiche erfolgen Schulungen, die entweder innerbetrieblich oder extern (Hersteller der PLS, TÜV, VDI) durchgeführt werden und in der Dauer stark variieren (ein bis fünf Tage).
Es hat sich gezeigt, dass das Führen eines Protokolls über die Prozess-Tafelanzeigen einen sehr guten Trainingseffekt bewirkt. Die Operateure verinnerlichen die Sollwerte und vergleichen diese so kontinuierlich mit den Ist-Werten. Durch das Ablesen und Aufschreiben werden Veränderungen und Trends der Prozessparameter sehr früh erkannt. Deswegen wurde die Anweisung gegeben, auch die Bereiche, die mit PLS gesteuert werden täglich zu protokollieren, obwohl es dort nicht nötig wäre.
Die Protokolle werden nicht nur in der Hauptmesswarte erhoben, sondern die Operateure müssen in die einzelnen Teilbereiche vor Ort, um als Außenoperateur die Informationen zu erheben. Dadurch bleiben sie mit der Anlage vertraut und bauliche Veränderungen werden besser wahrgenommen. Bei den Operateuren ist dieses Vorgehen voll und ganz akzeptiert.
Seit 1995 wird einmal pro Woche eine sicherheitstechnisch relevante Gruppenarbeit durchgeführt. Die Grundlage hierfür bildet eine Ausfalleffekt-Analyse. Dafür suchen die Operateure nach kritischen Situationen, analysieren diese und leiten die richtigen Reaktionen und Maßnahmen ab.

3.3.3.2 Betrieb B (Schaumstoff)

Zur Ausbildung zum Operateur verlangt Betrieb B eine Vorqualifizierung, demnach soll eine abgeschlossene Berufsausbildung vorliegen. Hierbei liegt das Hauptaugenmerk auf technischen Berufen wie Schlosser und Chemikant. Zusätzlich werden mehrere Jahre Berufserfahrung für die Bedienung des PLS und der Düse gefordert. Für diese Aufgaben können auch so genannte Jungoperateure angelernt werden, bei denen nach der betriebsinternen Facharbeiterausbildung festgestellt wurde, dass sie die PLS sehr gut beherrschen.
Des Weiteren werden auch Ingenieure oder Meister zum Operateur ausgebildet, da sie bereits eine Ausbildung in der Programmierung besitzen.

Die Ausbildung beginnt mit einem siebenwöchigen Training in der Anlage. Danach schließt sich eine zweimonatige Einlernphase unter Anleitung eines erfahrenen Operateurs bezüglich der Anlagenführung mit dem PLS an.
Die Anlagen dieses Betriebes sind unternehmensweit in Aufbau und Funktion gleich, so dass eine einheitliche Ausbildung stattfinden kann.
Vor der Inbetriebnahme wurden konzernintern getrennte Schulungen für die beiden Aufgabenbereiche an einer bestehenden Anlage vorgenommen. Das Training wird einmal im Jahr sowie bei Verfahrensänderungen wiederholt.
Das PLS wurde unternehmensintern selbst entwickelt. Somit existiert ein interner Standard, nachdem gleiche Betriebsbereiche weltweit gleich programmiert sind. Dies ermöglicht den konzernweiten Austausch von Erfahrungen, eine Optimierung der Anlagen durch Wissensaustausch, zwischen den Produktionsstätten und eine Rotation der PLS-Operateure.
Die Programmierer hatten aus diesem Grund auch erst ein Training in einer bereits bestehenden Anlage absolviert, in der sie im Bereich Verfahrenstechnik und im Umgang mit dem Programm geschult wurden. Vor der Inbetriebnahme wurden Analysen durchgeführt, in denen mögliche auftretende Störungen und deren Gründe (Szenarien) in Zusammenarbeit mit konzerninternen Sicherheitsexperten ermittelt wurden. Dafür werden Audits durchgeführt, die alle zwei Jahre wiederholt werden.

3.3.3.3 Betrieb C (Chemikalien)

Betrieb C verlangt als Vorqualifikation eine abgeschlossene Ausbildung als Chemikant. Ebenfalls können branchenfremde Facharbeiter mit Betriebserfahrung zum Operateur ausgebildet werden. Als Mindestanforderung gilt eine Facharbeiterausbildung. Des Weiteren legt der Betrieb auch ein Augenmerk auf die soziale Kompetenz.
Die Ausbildung zum Operateur wird in einem dualen Ausbildungssystem vollzogen. Die Ausbildungsdauer erstreckt sich über dreieinhalb Jahre. In dieser Zeit erhält der zukünftige Operateur Grundkenntnisse in den Bereichen Hardware und Technik, welche auf die jeweiligen Betriebe bezogen sind.
Des Weiteren lernt er sechs ausgewählte Fertigungsanlagen und auch eine externe Chemieanlage kennen. Während der Ausbildung steuern die zukünftigen Operateure mit Ausnahme von Batch-Betrieben Anlagenteile unter Aufsicht. Der Auszubildende

erlernt alle betrieblichen Abläufe, die in seiner Funktion als Operateur wichtig sind. Die Ausbildung umfasst ebenfalls Ausbildungsinhalte des Chemikanten.

3.3.3.4 Betrieb D (VC)

Die Operateure haben alle eine abgeschlossene Ausbildung (Chemikant, Schlosser, Elektriker, Prozessleittechniker), die z. T. bereits in dem Betrieb durchgeführt wurde. Es wird von der Betriebsleitung Wert darauf gelegt, dass in den einzelnen Gruppen eine Mischung der oben aufgeführten Ausbildungen besteht, damit sich die Operateure gegenseitig ergänzen. Dabei hat sich herausgestellt, dass üblicherweise die Schlosser die besten Anlagenfahrer sind, vermutlich aufgrund ihrer Instandhaltungserfahrungen. Neue Operateure arbeiten zuerst ein halbes Jahr in der Anlage, um diese kennen zu lernen. Die Betriebsleitung geht davon aus, dass ein Operateur fünf Jahre benötigt bis er die Anlage so gut kennt, dass ihm Risikoentscheidungen zugetraut werden. Neue Operateure werden zu Beginn mit einfacheren Aufgaben betraut, dazu gehört auch die Arbeit im Labor. Sie werden von erfahrenen Anlagenfahrern angeleitet. Jeder Operateur muss das Programm des PLS lesen können, deshalb gibt es ein separates Trainingsmodul samt Prüfung für diesen Bereich.
Der Operateur sollte stressfest sein und keine Angst vor der Anlage haben. Im Rahmen der betrieblichen Ausbildung stellt die Betriebsleitung sehr gut fest, wer für diese Aufgabe physisch und psychisch geeignet ist. Der Nachweis der entsprechenden Kenntnisse wird durch die Trainingsmodule incl. Prüfung erbracht.
Darüber hinaus existieren zusätzlich zur Messwarte drei Simulationsrechner, die für das Training und die Prüfung dienen. Dort trainieren die Operateure An- und Abfahrvorgänge sowie die richtigen Handlungsweisen bei auftretenden Störungen. Störfälle werden nicht trainiert, da es für diese Fälle genormte Sicherheitsabschaltungen gibt /DIN 18250 03/.
Für die zeitliche und inhaltliche Strukturierung des Trainings der Mitarbeiter ist der Trainingskoordinator zuständig. Jeder neue Mitarbeiter wird bei ihm vorstellig, sodass eine individuelle Trainingsmatrix erstellt werden kann. Diese enthält alle Stationen, die der neue Mitarbeiter zu Beginn durchlaufen muss, ebenso wie alle Rollen in der Anlage mit den entsprechenden Anforderungen.
Für die Mitarbeiter wird jährlich ein Trainingsgitter erstellt, welches auch berücksichtigt, dass jedes Training wiederholt werden muss (IT alle zwei Jahre, Anlagentechnik

alle drei Jahre). Zusätzlich wird ein persönlicher Entwicklungsplan für die nächsten drei bis fünf Jahre erstellt, sodass gewährleistet ist, dass ein Mitarbeiter alle Trainingsmodule durchläuft.
Ein neuer Mitarbeiter geht zunächst eine Woche auf Tagschicht, wo er alle wichtigen Dinge (Umwelt, Gesundheit, Sicherheit) lernt sowie einen Überblick über die Anlage erhält. Die Gruppe entscheidet dann, was für Aufgaben der neue Operateur in dem nächsten halben bis einem Jahr für Aufgaben übernimmt. Bei entsprechender Eignung steigt er in anspruchsvollere Module ein. Die Gruppe entscheidet in Eigenverantwortung in Absprache mit dem Trainingskoordinator und dem Notfallleiter.
Es gibt eine jährliche Schulung zu den Themen Qualität, Arbeitsschutz und Instandhaltung.
Die gesamte Anlage ist in mehrere Bereiche aufgeteilt. Hier gibt es für die einzelnen Anlagenteile Trainingsmodule. Die schriftlichen Ausführungen dienen dem Operateur als Vorbereitung. Als Hilfe dienen auch die Anlagen- und Betriebshandbücher sowie Fragen an den Anlageningenieur. Am Ende eines Trainingsmoduls ist jeweils ein Test abzulegen und zu bestehen. Es gibt insgesamt 85 Trainingsmodule, wobei die Programmierungsschulung am schwierigsten ist. Ein Operateur legt pro Jahr ca. 8 Tests ab. In einer Schicht sind jeweils zwei Operateure die alle Trainingsmodule eines Bereiches abgelegt haben.

3.3.3.5 Betrieb E (Energieversorgung)

Dieser Betrieb passt die Qualifikation an die einzelnen Bereiche an. Es werden z. B. Meister, Ingenieure und Techniker eingesetzt.
Besonderer Wert wird auf Wechseldiensttauglichkeit und kommunikative Fähigkeiten gelegt. Die Begründung liegt darin, dass man das fachliche Wissen im Laufe der Zeit durch seine Tätigkeit erlangt. Die Ausbildung in diesem Betrieb dauert 6-18 Monate und gliedert sich in drei Stufen.
In der ersten Stufe lernt der Auszubildende die Außenanlage kennen sowie die Aufgaben und Arbeiten der anderen Abteilungen und die Zusammenarbeit der Abteilungen untereinander. Diese erste Stufe umfasst einen zeitlichen Rahmen von 13 Wochen und umfasst sieben bis zwölf Abteilungen.
In der zweiten Stufe arbeitet der Auszubildende aufgabenbezogen und unter Anleitung eines erfahrenen Mitarbeiters. Der Auszubildende hat hier nun die Möglichkeit,

an Seminaren und Weiterbildungen teilzunehmen. Die dritte Stufe umfasst ein Training im Beruf.
Der Auszubildende erhält seine erste Bewertung nach vier bis fünf Monaten und muss parallel zu seiner Ausbildung Berichte anfertigen.

3.3.3.6 Zusammenfassung des Ausbildungssystems der Betriebe

Durch die aus der Betriebsbegehung entstandenen Informationen ergab sich folgendes Bild.
Die Information der Ausbildung zum Operateur der unterschiedlichen Betriebe war sehr unterschiedlich in Aufbau, Anforderungen und Zeitstruktur.
Um die Betriebe überhaupt vergleichbar zu machen, musste man dazu übergehen und die Überbegriffe „Fachkenntnis“, „Praxiserfahrung“, „Schulung und Fortbildung“ sowie „Simulation“ wählen. Weitestgehend waren die Informationen der Betriebe so gegliedert, dass man den Ablauf der Ausbildung zum Operateur gut und einfach nachvollziehen konnte. Im Betrieb D war die Ausbildung sehr komplex aufgrund der Größe der Anlage und sie wird zusätzlich individuell für jeden Operateur im Rahmen eines persönlichen Entwicklungsplans abgestimmt. Es konnten jedoch die allgemeingültigen Ausbildungsinhalte extrahiert und anschaulich dargestellt werden. Obwohl sich die Vergleichbarkeit der Betriebe anfänglich schwierig gestaltete, zeichneten sich doch einige Gemeinsamkeiten ab, die sich im Bereich der Vorqualifikation oder in der sehr praxisnahen Ausbildung finden lassen.

Hier wurde die unterschiedliche Ausbildung von den fünf untersuchten Betrieben noch einmal zusammengefasst und in der Tabelle 3.14 dargestellt.

Tab. 3.14 Betriebspezielle Ausbildung

Betrieb	A	B	C	D	E
Vorqualifikation	Facharbeiter (Chemikanten, Messtechniker, Regelungstechniker oder Schlosser)	Facharbeiter (Chemikanten, oder Schlosser) Ingenieur oder Meister	Facharbeiter (Chemikanten) Betriebsfremde Facharbeiter mit Betriebserfahrung	Facharbeiter (Chemikanten, Schlosser, Elektroniker, oder PLS-Elektroniker)	Meister, Techniker oder Ingenieure
Ort	Verschiedene Bereiche im Betrieb	Verschiedene Bereiche im Betrieb	Versch. Bereiche im Betrieb, Schule und externer Betrieb	Verschiedene Bereiche im Betrieb	Verschiedene Bereiche im Betrieb
Art der Ausbildung	Weiterausbildung	Weiterausbildung	Berufsausbildung + Weiterbildung	Weiterbildung	Learning-by-Doing Konzept
Dauer	2 Jahre	4 Monate	3,5 Jahre	3 ~ 5 Jahre	6 ~ 18 Monate
Besonderheiten	Interne und Externe Schulungen	Weltweite Ausbildung möglich. konzerninterne Schulungen	Ausbildung an einer firmenfremden Anlage	Trainingsmodule + Simulationen	Störfallsimulation
Sonstiges, spezielle Anforderungen an Operateure	Systemanalyse als Gruppenarbeit		Verantwortungs-bewusstsein	Stressfest	Wechseldiensttaug-lichkeit, soziale Kompetenz

Gemeinsamkeiten bestehen darin, dass alle Betriebe die Vorqualifikation für die weitere Ausbildung zum PLS-Operateur festgelegt hatten. Die Betriebe A, B, C und D legen mit Ausnahme des Betriebes E alle Wert auf eine abgeschlossene Facharbeiter Ausbildung als Schlosser oder Chemikant. Der Betrieb E stellte für seine dargestellten Aufgaben Meister, Ingenieure und Techniker ein.
Des Weiteren wurde in den Betrieben C und E Wert auf Fertigkeiten gelegt, die über die Ausbildung hinausgingen. Diese waren z. B. Verantwortungsbewusstsein oder Wechseldiensttauglichkeit und soziale Kompetenz.
Alle Betriebe gestalten ihre Ausbildungsinhalte so, dass eine enge Ausbildung mit dem Betrieb zustande kommt. Die Hauptunterschiede gibt es in den Bereichen „Lehrinhalte“ und „Dauer der Ausbildung“. Deshalb folgt eine Darstellung in der Tabelle 3.15 zur besseren Übersicht über den inhaltlichen und zeitlichen Rahmen der Ausbildung zum Operateur.
Es wurden hierzu Grobeinteilungen in die Bereiche allgemeine Fachkenntnisse, betriebsspezifische Fachkenntnisse, Praxiserfahrung, Schulungen/Fortbildungen und Simulation/Training von wichtigen Ereignissen vorgenommen.

Tab. 3.15 Vergleich der Struktur und des Inhaltes von Ausbildungen

Vermittelte Kenntnisse und Fähigkeiten während der Ausbildung zum Operator					
Einteilung	Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C	Betrieb D	Betrieb E
Allgemeine Fach-kenntnisse	Vermittlung teilweise im Betrieb	Vermittlung teilweise im Betrieb	Berufsschule Dauer 3,5 Jahre	Vermittlung teilweise im Betrieb	
			Grundausbildung Labor, Metall Dauer 5 Monate		
			Laborausbildung Dauer 10 Monate		
			Umgang mit Energie und Wasser Dauer 0,5 Monate		
			Lagerwesen Dauer 1,5 Monate		
			Fertigung Dauer 2 Monate		
			Technikumsausbildung Dauer 3 Monate		
Betriebs-spezifische Fach-kenntinsse	Kennenlernen der Anlage, falls nicht dort ausgebildet	Berufserfahrung in der Anlage (außer Jungoperatoren)		Erlernen von Verfahrenstechnik und Funktionsweise der Anlage und der zur Anwendung kommenden Chemie Dauer 4-6 Wochen	Kennenlernen der Außenanlage sowie die Aufgaben und Arbeiten der anderen Abteilungen Dauer 10 - 13 Wochen
Praxis Erfahrung		Ausbildung an der Anlage. Dauer 7 Wochen	Kennenlernen und Mitarbeit in fünf Fertigunsanlagen Dauer 11 Monate	Labortätigkeiten	Aufgabenbezogene Arbeit unter Anleitung eines Mitarbeiters Dauer 6-18 Monate
		Einlernphase für das PLS unter Aufsicht eines erfahrenen Operators. Dauer 2 Monate		Tätigkeiten als Außenoperator und Anlagenfahrer	
			Kennenlernen und Mitarbeit in einer Fertigungsanlage Dauer 3 Monate	Leitwarten Ausbildung Dauer 6 Monate	
			Externes Praktikum Dauer 1 Monat		
Schulungen/ Fortbildungen	Interne und Externe Schulungen Dauer 1 - 5 Tage	Konzerninterne Schulungen		Schulung zum Notfallleiter	Seminarteilnahme und Weiterbildungen
				Schulung zum Koordinator	
Simulation/ Training von wichtigen Ereignissen	Einmal pro Woche sicherheitstechnisch aktuelle FMEA (Gruppenarbeit)	Einmal im Jahr oder bei Verfahrensänderung		Prozessausrüstung und Produktströme	Training im Arbeitsalltag
				Prozessüberblick über Regelstrategien	Störfallsimulation von möglichen Problemen in der Gas, Strom, Wasser und Fernwärme-versorgung
				Operating Discipline	
				Problemanalyse	
				Simulation	

Unter allgemeinen Fachkenntnissen versteht man Wissen, welches für das Grundverständnis der Tätigkeit notwendig ist. Allgemeine Fachkenntnisse können z. B. chemische Zusammenhänge, mathematisches Wissen sowie analytisches Vorgehen und Denken umfassen. Da viele Betriebe auf eine Vorqualifikation Wert legen, entfällt dieser Bereich beim Großteil der Betriebe.
Betriebsspezifische Fachkenntnisse sind speziell auf die zu bedienenden Anlagenteile mit ihren Aufgaben und ihren örtlichen Strukturen abgestimmt. Sie dienen dazu, dem Operateur einen Überblick über sein Aufgabengebiet zu geben.
Unter Praxiserfahrung fallen alle Tätigkeiten in der Ausbildung die praktischer Natur sind z. B. Tätigkeiten in der Messwarte, Labortätigkeiten, bedienen und betreuen eines Anlagenteils.
Der Bereich Schulungen und Fortbildungen soll kenntlich machen, dass nach und während der Ausbildung die erlernten Fertigkeiten ständig aufgefrischt oder ergänzt werden. Es werden auch Schulungen angeboten um weiterführende Qualifikationen zu erwerben wie im Betrieb D die Ausbildung zum Notfallleiter. Diese Schulung qualifiziert den Arbeitnehmer zur Leitung der Leitwarte bei einem Störfall. Die Schulung zum Koordinator befugt den Arbeitnehmer zu Koordinationsaufgaben, wie das Ausstellen von Erlaubnisscheinen etc.
Unter dem letzten Gliederungspunkt wird durchaus unterschieden zwischen Simulation und Training. Unter Simulation versteht man die gefahrenfreie Erprobung von Gefahren- und Störfallsituationen. Diese werden an einem eigens dafür bestimmten PC durchgeführt. Die Simulationen umfassen Situationen, welche im realen Alltag auftreten können, wie z. B. Gasleitungs- oder Wasserrohrbruch oder gefährliche Anlagenzustände wie z. B. Druck oder Temperatur zu hoch.
Der Unterpunkt Training ergab sich, weil ein Betrieb ein praktisches Training (erlernen von Verhalten- und Vorgehensweisen im Beruf) angibt.
Bei Betrachtung der Darstellung fällt auf, dass der Bereich allgemeine Fachkenntnisse bei den Betrieben A, B, D und E ausgespart worden ist. Das liegt daran, dass diese Betriebe für ihre Operateure eine abgeschlossene Berufsausbildung als Vorqualifikation verlangen. Betrieb C zählt die betriebsspezifischen Fachkenntnisse zu den allgemeinen Fachkenntnissen, weswegen Betrieb C nur die Spalte allgemeine Fachkenntnisse belegt.
Die Betriebe A und B verzichten auf die Vermittlung von betriebsspezifischen Fachkenntnissen. Man kann auch hier davon ausgehen, dass diese Kenntnisse durch die

Vorqualifikation abgedeckt werden. Gepaart mit praktischer Erfahrung, welche von allen Betrieben vermittelt wird, ist dies ausreichend um die gestellten Aufgaben zu lösen. Abschließend lässt sich sagen, dass jeder Betrieb entsprechend seiner Bedürfnisse auf individuelle Ausbildungsmaßnahmen und Inhalte zurückgreift. Die Art der Ausbildung ist unabhängig von der Betriebsgröße.

3.3.4 Zusammenfassung

Dieses Kapitel soll den aktuellen Stand der Qualifikation und die Vermittlung der Qualifikationen im Zusammenhang mit der Matrizenauswertung zusammenfassen, um später Anforderungen an die Arbeitsunterlagen ausarbeiten zu können.
Bezüglich der Fachkompetenz der Operateure kann gesagt werden, dass diese durch die betriebsspezifische Ausbildung und Weiterbildung der Operateure auf einem guten Niveau bezüglich des bestimmungsgemäßen Betriebs besteht. Diese Kompetenz wird in drei von den fünf besuchten Betrieben praxisnah durch regelmäßige Außenarbeiten der Operateure gefestigt. Um eine Basis im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb zu erhalten, kann dies wegen des selteneren Auftretens nur über Simulationen erreicht werden. Dieser Sachverhalt wird nicht so wahrgenommen, so bieten nur vier von acht befragten PLS-Herstellern eine Störfallsimulation an. Die Simulation erfolgt in zwei der fünf besuchten Betriebe. Dieses Defizit muss bei der Ausarbeitung von Unterlagen für solche Betriebszustände berücksichtigt werden.
Die Ausbildung über Simulatoren macht durchaus Sinn, denn die Fehlerzahl wird von einem zum anderen Lernschritt geringer, bis sich stabile und schnelle Reaktionen entwickelt haben. Es konnte beobachtet werden, dass sich die Fehleranzahl auf einem gewissen Niveau einpendelt, durch das der Typ des Operateurs und seine psychologischen Besonderheiten bestimmt werden. Durch die Bildung von Normativwerten können die Kandidaten verglichen und ihre Eignungen bestimmt werden. Außerdem ist die Fehleranzahl durch das Training um den Faktor drei gesunken /Goruchin 83/.
Die Fachkompetenz, aber auch die Methodenkompetenz werden ausgeprägt, wenn die Operateure auch bei Außenarbeiten eingesetzt werden. So lernen sie beispielsweise neue Anlagen vor Ort kennen und bekommen gleichzeitig eine ausgeprägte Übersicht der gesamten Anlage. So ist es als positiv zu bewerten, dass drei Betriebe die Operateure regelmäßig für Außentätigkeiten einsetzen.

Bei Überwachungsaufgaben und Aufgaben der Koordination und Kommunikation steigen die Anforderungen an die Methodenkompetenz im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb sehr stark an. Auch dieser Sachverhalt findet sich nicht in diesem Ausmaß in der Qualifikationsvermittlung wieder, so wird die Methodenkompetenz lediglich in zwei Betrieben über regelmäßige sicherheitstechnische Systemanalysen gefestigt. Neben den Vorgehensweisen in unerwarteten Situationen können sich die Operateure über solche Übungen auch das entsprechende methodische Vorgehen aneignen.
Da solche Übungen in Gruppenarbeit erfolgen, wird gleichzeitig auch die Sozialkompetenz erweitert. Solche Trainingseinheiten sind zu begrüßen und sollten durch entsprechende Schulungsunterlagen unterstützt werden.

3.4 Analyse von Arbeitsunterlagen

Vor der Analyse der Arbeitsunterlagen soll an dieser Stelle erläutert werden, was in diesem Projekt als Arbeitsunterlage verstanden wurde.
Der Begriff „Arbeitsunterlage“ wird weder in der Literatur noch in der betrieblichen Praxis oder den gesetzlichen Regelwerken einheitlich verwendet. Damit ein möglichst breites Spektrum an Unterlagen für die Analysen und somit für die Ermittlung der Anforderungen an Arbeitsunterlagen zur Verfügung steht, wurden zuerst als Arbeitsunterlagen alle Informationen betrachtet und gesammelt, auf die die Operateure bei ihren Aufgaben und Tätigkeiten Zugriff hatten.
Bei der Auswertung wurde ersichtlich, dass ein Teil der in den Leitwarten vorgehaltenen Unterlagen zwar gesetzlichen Regelungen entspricht, wie Anlagen- oder Softwarehandbücher, dieser Teil wird aber im täglichen Gebrauch von den Operateure nur selten verwendet. Der Teil mit dem die Operateure tatsächlich arbeiten, sind die vom Betrieb erstellten Unterlagen.
Insofern wurde der Schwerpunkt der Analyse der Arbeitsunterlagen auf jene gelegt, die die Operateure beim sicheren Fahren der Anlage in allen Betriebszuständen unterstützen bzw. jene die sich im regelmäßigen Gebrauch befinden. Insoweit ist die von uns durchgeführte Analyse der Arbeitsunterlagen unter dem Gesichtspunkt der betrieblichen Praxis zu verstehen.
Ein Teil der innerbetrieblich erstellten Unterlagen dienen der Informationsbeschaffung. Diese wurden herangezogen, um zu verstehen wie dieser Betrieb vorgeht, aber

Unterlagen und Anforderungen an diese Unterlagen im Kontext dieses Projektes sind nur dann wichtig, wenn sie dem Operateur bei seiner Arbeit vor Ort helfen, präventiv oder aktuell eine Störungs- oder Störfallsituation zu bewältigen.

3.4.1 Gesetzliche Grundlagen zu den Unterlagen in den Leitwarten

Die verschiedenen Unterlagen in den Leitwarten sind zum Teil gesetzlich geregelt. Hierunter fallen die folgenden Unterlagen:

Bedienungsanleitungen

Der Hersteller ist über das Gerätesicherheitsgesetz verpflichtet dem Anwender Unterlagen mit an die Hand zu geben. An diese Bedienungsanleitungen (Handbücher) sind über das Gerätesicherheitsgesetz auch inhaltliche Forderungen gestellt, so sind hier die Handhabung oder Maßnahmen bei Störungen zu berücksichtigen, aber auch Instandsetzungsarbeiten.

Alarm- und Gefahrenabwehrpläne

Diese sind in § 9 der Störfall-Verordnung (12. BImSchV) für Betriebsbereiche bzw. Anlagen, die unter diese Verordnung fallen geregelt. Inhaltlich wurden sie in der 3. Verwaltungsvorschrift zu dieser Verordnung konkretisiert.

Sonstige Arbeitsunterlagen

Für Arbeitsunterlagen zum PLS bzw. der Bedienung der Anlage gibt es keine Konkretisierung in dem gesetzlichen Regelwerk. Auch wenn sie natürlich wichtige Hilfsmittel zum sicheren Betrieb darstellen und somit zur Einhaltung gesetzlicher Regelungen dienen.

Es gibt allerdings Konkretisierungen im technischen Regelwerk, welche den Stand der Technik beschreiben und somit anzuwenden sind. Wesentliche Normen, welche sich inhaltlich auf Arbeitsunterlagen auswirken, sind in der Tabelle 3.16 aufgezählt.

Tab. 3.16 Technische Normen für Arbeitsunterlagen

Bezeichnung:	Regelungsgegenstand:
DIN 31051	Inhalt und Aufbau von Instandhaltungsanleitungen
DIN EN ISO 9241-10	Umsetzung des Prinzips der Fehlertoleranz
VDI 3699 Blatt 5	Meldephilosophie / Alarmhierarchie unter hoher kognitiver und emotionaler Belastung

3.4.2 Unterlagen aus der Sicht der PLS-Hersteller

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Umfrage (PLS-Hersteller) dargestellt. Von den acht befragten PLS-Herstellern erstellen fünf Firmen die Handbücher zum PLS selbst. Werden sie nicht selbst erstellt, so ist vor allem der Kunde (Projektleitung) maßgeblich daran beteiligt. Teilweise werden sie auch von Subunternehmern angefertigt. Die Unterlagen werden von der mit dem Projekt betreuten Projektleitung erstellt. Bei sechs von acht PLS-Herstellern wird ein Betriebshandbuch für Nichtnormalzustände bzw. Notfallablaufpläne erstellt.
Fünf der Firmen bieten Unterlagen in Form von Onlinehilfe und vier bieten Unterlagen auch in Form von Kontextmenüs an. Zusätzlich werden in fast allen Fällen zusätzliche Unterlagen in Form von Progammablaufplänen und Legenden mitgeliefert.

3.4.3 Analyse der Arbeitsunterlagen für PLS-Operateure in den untersuchten Betrieben

Zu der Analyse der Arbeitsunterlagen für PLS-Operateure in den Betrieben muss gesagt werden, dass sich diese aus zwei Gründen schwierig gestaltete. Zum einen sind Hierarchie und prinzipielle Betitelungen der Arbeitsunterlagen von Betrieb zu Betrieb verschieden. Zum anderen gestaltet sich der direkte Vergleich unter den Betrieben auch deshalb schwierig, da nicht alle Betriebe bereit waren die gewünschten Unterlagen generell oder in vollem Umfang auszuhändigen.
Gerade der Sachverhalt, dass es keine einheitliche Nomenklatur und Hierarchisierung gibt, erschwerte die Auswertung zunächst. Um den Sachverhalt kurz zu umschreiben sei hier genannt, dass beispielsweise in den Unterlagenlisten, die uns die fünf Betriebe zur Verfügung gestellt haben (die Listen beinhalteten nicht alle Unterla-

gen der Betriebe), allein über 124 verschiedene Überschriften bzw. Bezeichnungen der Unterlagen zu zählen sind. Unabhängig davon, dass eine betriebsspezifische Hierarchie und Bezeichnung wünschenswert ist, sind die Bezeichnungen auch betriebsintern oft so gewählt, dass eine klare Abgrenzung der Unterlagen bezüglich des Inhalts und der Hierarchieebene schwer möglich ist.
Die folgende Abbildung 3.10 soll anhand von Beispielen gefundener Bezeichnungen aufzeigen, wie schwierig die Unterscheidung solcher Unterlagen bzgl. ihres Inhaltes und ihrer hierarchischen Stellung sein kann.

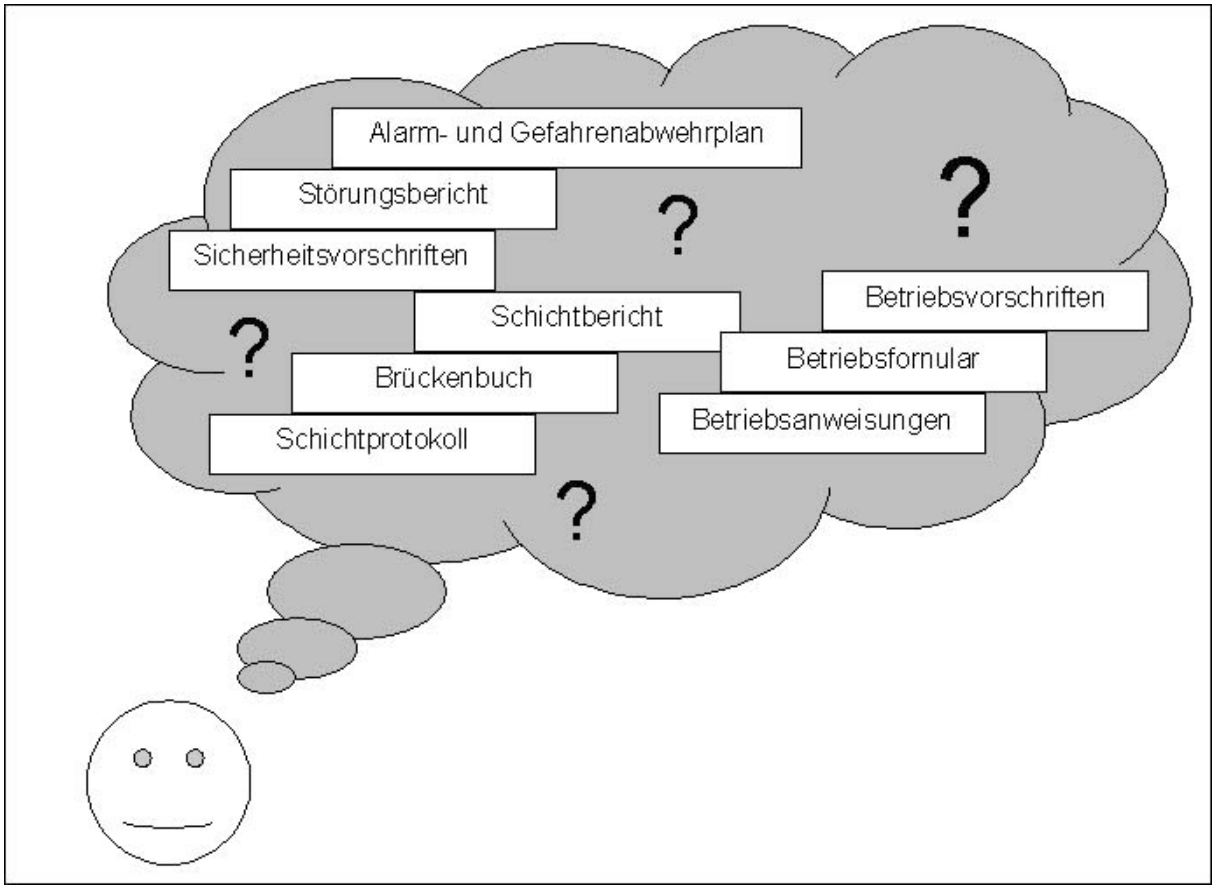


Abb. 3.10 Problematik der Bezeichnungsvielfalt für die Arbeitsunterlagen

Eine detailliertere Vorgabe seitens des Gesetzgebers wäre hier nicht sinnvoll, da sie der Spezifikation jedes Betriebs entgegenwirkt. Jedoch könnten bestimmte Rahmenregelungen von Nutzen sein. Ein gutes Beispiel für einen solchen Rahmen ist die in der TRGS 555 geforderte Betriebsanweisung, bei der vom Gesetzgeber festgelegten Informationen beinhaltet sind. Die Form ist jedoch freiwählbar, allerdings muss sie innerhalb des Betriebes einheitlich sein.

Aus den untersuchten Betrieben wurden diverse Arbeitsunterlagen bzw. Übersichten über die Arbeitsunterlagen zur Verfügung gestellt. In den folgenden Kapiteln werden die in den Betrieben vorliegenden Unterlagen aufgelistet (alphabetisch) und analysiert. Gleichzeitig wird dann auf die Hierarchie bzw. die Ablage der Unterlagen in dem jeweiligen Betrieb eingegangen.
Zunächst wird auf die in der Betrieben gesammelten Unterlagen eingegangen, deren Aktualisierung sowie auf die Art der Ablage. Gleichzeitig wurde versucht die Hierarchie der Unterlage in den Betrieben darzustellen.

3.4.3.1 Übersicht über die Arbeitsunterlagen der einzelnen untersuchten Betrieben

Betrieb A (Luftzerlegung)

In der Messwarte sind die relevanten Unterlagen für alle Anlagenfahrer gut zugänglich vorhanden. Diese umfassen neben den allgemein gültigen Vorschriften und Regelwerken (Werksvorschriften, Auditierungsunterlagen, Gefahrenabwehr- und Alarmpläne u. ä.) auch anlagenspezifische Unterlagen wie:

- Betriebsanweisungen, in denen die Tätigkeiten für einzelne Anlagenteile oder Steuerungen wie z. B., das An- und Abfahren aufgeführt sind.
- Betriebsvorschriften, die von den Betriebsanweisungen nicht deutlich unterschieden werden können
- Betriebspezielle Vorschläge, die in Form von Checklisten und als Ergebnis von Ausfalleffektanalysen vorliegen und Kurzanweisungen in denen Änderungen notiert sind, die von den Schichtführern nach Kenntnisnahme gegengezeichnet werden müssen. Die Kurzanweisungen fließen ebenfalls in den Ordner mit den Betriebsvorschlägen ein. Dadurch wird gewährleistet, dass diese ständig aktualisiert werden.
- Wartungs- und Reinigungsbuch, in dem diese Tätigkeiten handschriftlich durch den Schichtführer eingetragen werden, der ebenfalls das Schichtbuch führt.

Außerdem sind in der Leitwarte die arbeitsplatz- und gefahrstoffspezifischen Betriebsanweisungen abgelegt. Für alle Dokumente bekommt der betroffene Personenkreis Änderungsmitteilungen, welche nach Kenntnisnahme gegenzuzeichnen sind. Es erfolgt auch eine Überprüfung der nicht geänderten Dokumente auf Richtigkeit.

Diese werden danach neu ausgedruckt, sodass eine ständige Aktualisierung sichergestellt werden kann.
Die Unterlagen werden nach den hier vorgestellten betriebsinternen Betitelungen in Ordnern abgeheftet, wobei je nach Bezeichnung der Unterlagen eine andere Ordnerfarbe verwendet wird. Eine Hierarchie innerhalb der Ordner konnte nicht festgestellt werden.
In der Tabelle 3.17 ist eine alphabetische Auflistung über die gesichteten Arbeitsunterlagen dargestellt. In der rechten Spalte ist angegeben, wie viele davon zur Beurteilung untersucht wurden.

Tab. 3.17 Arbeitsunterlagen vom Betrieb A

Anzahl bzw. Namen der Unterlagen	
gesichtet	analysiert
11 Alarmpläne	3
77 Betriebsanweisungen	2
1 Betriebsformular	1
16 Betriebsvorschriften	1
1 Koordinationsstelle Alarme Betrieb A1 (Beschreibung)	-
2 Register	2
1 Telefonverzeichnis	-
2 UMEA (Unfallmöglichkeiten Erkennen und Auswerten) (Übungsunterlage)	2
1 Verzeichnis der Rundrufgruppen (Werkfeuerwehr)	-

Betrieb B (Schaumstoff)

In diesem Betrieb gibt es Arbeitsunterlagen sowohl in gedruckter Form als auch elektronischer Form.
Die Arbeitsprozeduren und -anweisungen werden alle zwei Jahre geändert bzw. neu geschrieben, wobei die Änderungswünsche und der Einfluss zum allergrößten Teil von den Operateure selbst kommt. Diese Änderungen müssen dann vom Betriebsleiter oder seinem Stellvertreter genehmigt werden, was üblicherweise der Fall ist. Es ist allerdings auch möglich, dass solche Änderungen von einer der anderen der 17 identischen Anlagen des Mutterkonzerns vorgeschlagen werden, da sie in ständigem

Informationsaustausch untereinander stehen, insbesondere was Unfälle mit Personenschaden, aber auch Probleme bei der Produktion betrifft.
In der Leitwarte sind eine Reihe von Unterlagen vorhanden. Neben den schriftlichen Bedienungsanleitungen zur Software gibt es Ordner mit den Qualitätsvorschriften, Betriebsanweisungen und Notfallplänen. Die Betriebsanweisungen sind auch elektronisch im Rechner hinterlegt. Sie werden von den Operateuren selber geschrieben, wobei sich die Schichten untereinander absprechen und die Betriebsleitung sie genehmigt. Das Schichtbuch wird ebenfalls elektronisch durch den jeweiligen Schichtführer ausgefüllt. Hier werden z. B. Parameteränderungen und Probleme mit der Anlage hinterlegt, mit einer zusätzliche Spalte in der die Umsetzung bzw. Änderung dann gekennzeichnet wird.
Die Unterlagen lassen sich nach ihrer Art grob in die folgenden drei Bereiche unterteilen:

- Unterlagen mit Sicherheitsrelevanz: Arbeitserlaubnis, Alarm- und Gefahrenabwehrplan, Sicherheitsvorschriften
- Produktionsunterlagen: System-Management-Dokumente, Produktionsüberwachung, Beschreibung der Anlage
- Allgemeine Unterlagen: Grundsatzunterlagen, Hauptregister

Die Unterlagen, die im Betrieb B für PLS-Operateure zur Verfügung gestellt werden, sind in der Tabelle 3.18 aufgeführt.

Tab. 3.18 Arbeitsunterlagen vom Betrieb B

Unterlage von Betrieb B	
gesichtet	analysiert
1 Arbeitserlaubnis	1
1 Alarm- und Gefahrenabwehrplan	1
1 Beschreibung der Anlage	1
5 Grundsatzunterlagen	-
1 Hauptregister	1
34 Sicherheitsvorschriften	1
5 System–Management-Dokumente	5

Betrieb C (Chemikalien)

Die Arbeitsunterlagen im Betrieb C liegen vollständig in digitaler Form vor. Sie werden deswegen auch nicht zentral in der Leitwarte vorgehalten. Zusätzlich hängen die Betriebsanweisungen an den jeweiligen Arbeitsplätzen aus. Des Weiteren existieren Schulungsunterlagen und Rezepturen. Bei Störungen existieren im Rechner so genannte Steppbilder. Durch diese liegen immer die nächsten Schritte mit den jeweiligen Problemlösungsvorschlägen vor.

Die vorhandenen Unterlagen können in drei Gruppen unterteilt werden:

- Arbeitsplatzbeschreibungen, in denen die Aufgaben und Anforderungen beschrieben werden, die an diesem Arbeitsplatz ausgeführt werden müssen.
- Betriebsanweisungen, die auf eine bestimmte Tätigkeit bezogen sind. Sie gelten nur für den in der Betriebsanweisung konkretisierten Vorgang und beschreiben die auszuführenden Schritte sowie die auftretenden Gefahren.
- Arbeitsanweisungen, die die durchzuführenden Arbeiten in ihrer arbeitsbedingten Reihenfolge beschreiben.

Als weitere Unterlagen liegen Schichtprotokolle, Unterweisungen für Fremdfirmen sowie Lehrunterlagen bereit. Nur bei den Arbeitsanweisungen konnte die Aktualität anhand eines Datums kontrolliert werden. Durch eine Revisionsnummer kann bei den Betriebsanweisungen erkannt werden, auf welchem Überarbeitungsstand die vorhandene Unterlage ist. Bei den restlichen Unterlagen ist nicht eindeutig zu erkennen, wann sie zuletzt aktualisiert wurden.

Tab. 3.19 Arbeitsunterlagen vom Betrieb C

Anzahl bzw. Namen der Unterlagen	
besichtigt	analysiert
6 Beschreibungen	6
2 Betriebsanweisung	2
1 Register	1
1 Schichtprotokoll	1
1 Unterlage zur Belehrung für Betriebsfremde	1
1 Unterlage zur Grundfunktion	1
1 Unterlage (zur sicheren Durchführung von Alkoxylierungsreaktionen)	1
Sachliche und zeitliche Gliederung der Berufsausbildung Chemikant	-

Betrieb D (VC)

Als Basis der Arbeitsunterlagen im Betrieb D dient das so genannte Logbuch in Form einer intranetgestützten Datenbank. In ihr sind alle Unterlagen einheitlich und übersichtlich vorhanden. Durch einen Verantwortlichen in jeder Schicht wird diese auf dem neuesten Stand gehalten und gleichzeitig auch der Tagesrapport angefertigt.
Die Betriebsanweisungen werden vor jeder Durchführung einer Tätigkeit ausgedruckt und die einzelnen Schritte abgearbeitet. Zu diesen Arbeiten nimmt der Mitarbeiter auch ein so genanntes PID (Piping Instrument Diagramm), in dem ein Überblick über das Rohrleitungssystem abgeschildert ist.

Tab. 3.20 Arbeitsunterlagen vom Betrieb D

Anzahl bzw. Namen der Unterlagen	
besichtigt	analysiert
1 Alarm- und Gefahrenabwehrplan	1
1 Benutzerhandbuch für Operateure	1
1 Betriebsanweisung	1
1 Register	1
34 Sicherheitsvorschriften	1
3 System-Management-Dokument (SMD)	2
1 Trainingsunterlage	1
1 Werkbeschreibung	-
1 Piping Instrument Diagramm (PID)	-

Betrieb E (Energieversorgung)

Die im Betrieb vorgefundenen Arbeitsunterlagen sind in der Leitwarte in Papierform vorhanden.
Einen Grossteil stellen die durch die Operateure erstellten Berichte über außergewöhnliche Vorkommnisse und Störungen dar.
Des Weiteren existieren Ablaufpläne für unterschiedliche Betriebsvorgänge, in denen geregelt ist, was wer unternehmen muss und wer zu benachrichtigen ist.
Rufbereitschaftspläne und Freigabeanträge sind ebenfalls in Papierform vorhanden.
Das elektronisch geführte Schichtbuch erleichtert durch die hervorgehobenen Hinweise das effektive Arbeiten.

In einer farblich hervorgehobenen Mappe werden unterschiedlichste Unterlagen zur Information der Operateure vorgehalten. Die Struktur und Themenbereiche sind nicht klar erkennbar, da gerade bei handschriftlichen Notizen, der Autor und die Aktualisierung nicht immer zu ermitteln ist. Durch eine schlechte Gliederung dieser Unterlagen ist die Möglichkeit eines schnellen Findens bestimmter Unterlagen stark eingeschränkt. Häufig benutzte Unterlagen sind in einem Unterlagendrehständer an den Bedienpulten abgeheftet. Seltener benutzte Unterlagen wie Handbücher über das PLS sind in einem Schrank abgelegt.

Tab. 3.21 Arbeitsunterlagen vom Betrieb E

Anzahl bzw. Namen der Unterlagen	
besichtigt	analysiert
3 Berichte	3
1 Rufbereitschaftsplan	-
1 Ablaufdiagramm (für die Bearbeitung von Freigabeanträgen)	1
1 Maßnahmen bei Gasgeruch	1
1 Register	1
1 Vorsichtsmaßnahmen bei Gasgeruch	1

3.4.3.2 Hierarchie der Arbeitsunterlagen der untersuchten Betriebe

In dem vorangehenden Kapitel wurde versucht innerhalb der Betriebe eine einheitliche Struktur bzw. Hierarchie abzuleiten. Dies erwies sich als sehr schwierig.
In den Ablagen der untersuchten Betriebe fanden sich verschiedene Dokumente, welche von den Betrieben in für sie „praxisnahe“ Weise sortiert wurden. Die „praxisnahe“ Ablage gestaltete sich in aller Regel so, dass die Unterlagen nach Überschriften abgeheftet waren.
Es war deshalb nicht möglich, die verschiedenen Unterlagen der Betriebe, anhand der in ihnen gewählten Dokumentenbezeichnungen, zu vergleichen. Immer wieder vorkommende Begriffe wie Arbeitsanweisung, Arbeitsvorschrift und Betriebsanweisung wurden für inhaltlich gleichartige Dokumente benutzt, so dass ein direkter tabellarischer Kategorievergleich nicht möglich war.

Deshalb war auch eine vergleichbare Hierarchie nicht zu erkennen. Es wurde aus diesem Grund überlegt, die Arbeitsunterlagen gemäß ihrer hierarchischen Stellung in der Unterlagensystematik zu ordnen. Da jedoch auch die in den Betrieben verwendeten Register nicht gleichartig angelegt waren bzw. eine Hierarchie nicht zu erkennen war, wurden die vorliegenden Unterlagen nach ihrer Gültigkeit bzw. ihrem Zweck sortiert. Hierbei wurde eine hierarchische Struktur angelegt, welche zur weiteren Diskussion anregen soll.
Als höchstes Ziel ist der sichere Ablauf des Prozesses bzw. das Verhindern oder Vermindern von Störungen und Störfällen zu sehen. Dazu müssen die Auswirkungen der Störungen so klein wie möglich gehalten werden. Während die Auswirkungen an einem Arbeitsplatz noch gering sind, so steigt der Schaden an, wenn die Auswirkungen auf die Anlage oder noch schlimmer auf den Betrieb nicht rechtzeitig eingedämmt werden. Deshalb halten wir folgende Strukturierung der Arbeitsunterlagen in einem Betrieb aber auch zur weiteren Auswertung für sinnvoll.

Erste Ebene
Arbeitsunterlagen mit grundlegender Gültigkeit umfassen die Unterlagen, die über Grundsätze, Management, Qualitätsmanagement oder Firmen- / Sicherheits- Philosophien beschrieben werden.

Zweite Ebene
Betriebs- oder anlagenweite Gültigkeit umfassen die Unterlagen, welche aufgrund spezifischer Begebenheiten entweder für den gesamten Betrieb, für bestimmte größere Anlagen oder bestimmte im ganzen Betrieb wiederkehrende Tätigkeiten eingesetzt werden. Dazu gehören z. B. Alarm- und Gefahrenabwehrpläne.

Dritte Ebene
Unterlagen mit arbeitsplatz- oder tätigkeitsbezogener Gültigkeit beschreiben was an genau diesem Arbeitsplatz oder im Rahmen dieser Tätigkeit in welcher Reihenfolge zu tun ist. Sie schreiben genaue Handlungsabläufe vor, die nur für diesen Arbeitsplatz von Gültigkeit sind.

Ebene Hilfsmittel

Die Unterlagen dieser Unterebene stehen entweder als einziges Hilfsmittel oder in Kombination mit anderen Unterlagen zur Verfügung. Auf der Unterebene der Arbeitshilfen wurden alle Dokumente eingeordnet, die entweder der Dokumentation dienen oder Orientierungsregister für das zielsichere Auffinden der eigentlichen Arbeitsdokumente sind. Zusätzlich wurden Lernunterlagen in dieser Kategorie aufgelistet, da sie in keine der oberen Kategorien sinnvoll einzuordnen sind und auch den Status von Arbeitshilfen haben.

Zur Begründung dieser Hierarchie, soll der Zusammenhang in der nachfolgenden Abbildung 3.11 schematisch dargestellt werden.

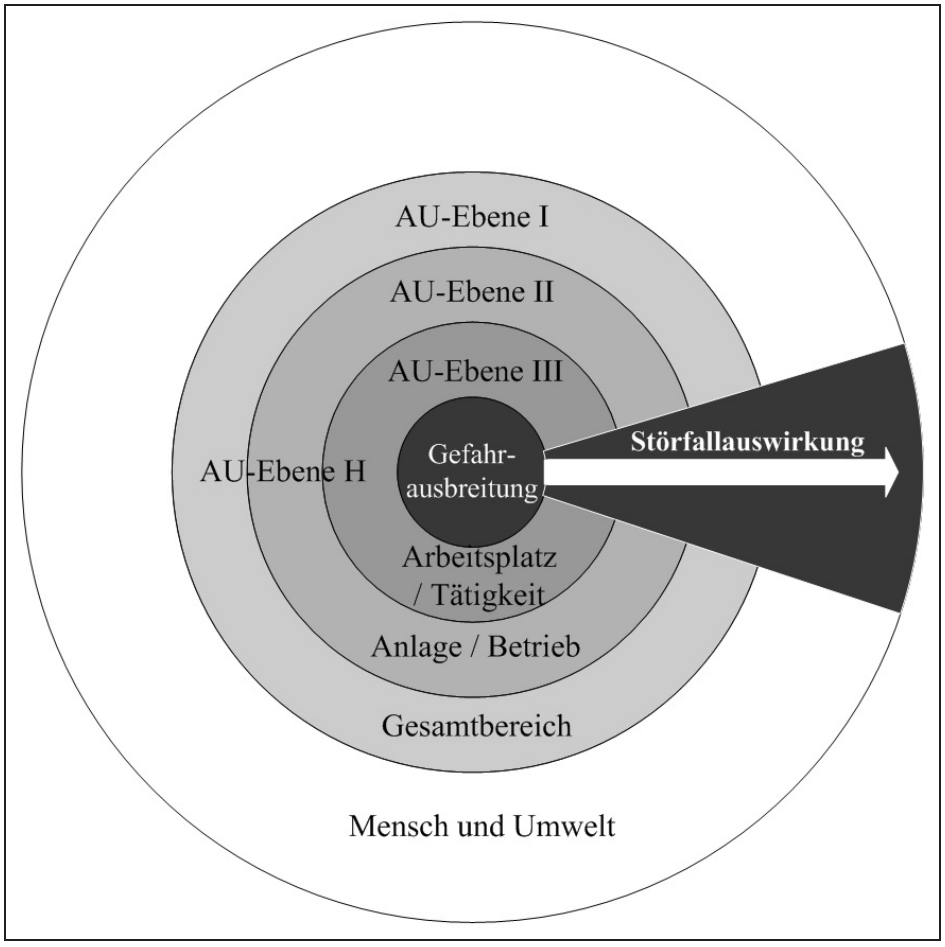


Abb. 3.11 Empfohlene Hierarchie der Unterlagen

In dieses Hierarchiesystem wurden nun die analysierten 48 Unterlagen der Betriebe einsortiert, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu erkennen und beurteilen zu können.

Tab. 3.22 Gruppierung der Arbeitsunterlagen von den untersuchten Betrieben nach Hierarchiestruktur

Gliederungsebene	Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C	Betrieb D	Betrieb E
Erste Ebene: **Grundlegende Gültigkeit**		**Beschreibung** Anlage **Sicherheitsvorschriften**	**Unterlage** zum sicheren Durchführen chemischer Reaktion	**Sicherheitsvorschrift**	
Zweite Ebene: **Betriebs- und anlageweite Gültigkeit**	**Alarmplan** Verhalten bei Ansprechen von EMR-Schutzeinrichtungen	**Alarm- und Gefahrenabwehrplan SMD** Produktionsüberwachung	**6 Beschreibungen** zum Prozess **Betriebsanweisung** Schichtwechsel / Schicht-übergabe **Unterlage** zur Grundbelehrung für Betriebsfremde	**Alarm- und Gefahrenabwehrplan Betriebsanweisung** Störfallordnung **Benutzerhandbuch** für Operateure	**Maßnahmen** bei Gasgeruch bzw. anderen Anzeichnen von Gasaustritt
Dritte Ebene: **Arbeitsplatz- und tätigkeits-bezogene Gültigkeit**	**2 Alarmpläne** Verhaltensmaßregeln bei Gasalarm in Cxx; Abweichungen und Wiederinbetriebnahme **2 Betriebsanweisungen** Automatikbetrieb-Druckluftversorgung; Luftverdichter **Betriebsvorschrift** Sicheres Arbeiten an H_2-Kompressoren	**4 SMD** Totaler Stromausfall Anlage Dxx; Anfahren Gel-Line; Entladecheckliste Ethanol; Entladecheckliste Styrol	**Betriebsanweisung**: Probennahme aus Alkyoxillierungsreaktoren **Unterlage** zur Grundfunktion Katalysatordosierung	**2 SMD** Bedienung Multi-PID; Anfahren x-xx	**Ablaufdiagramm**: Bearbeitung von Freigabeaufträgen **Vorsichtsmaßnahmen** bei Gasgeruch
Unterebene: **Hilfsmittel**	**2 Register** Betrieb; Ordnerverzeichnis **Betriebsformular** Abfahrkontrolle von H_2-Trailerfahrzeugen **2 UMEA**	**Register Arbeitserlaubnis**	**Schichtprotokoll**	**Register Trainingsunterlage** zur Direktchlorierung und EDC Destillation	**Register 2 Störungsberichte Schichtbericht**

In dieser Tabelle spiegelt sich auch der Sachverhalt der „Bezeichnungsanarchie“ wider, so sind beispielsweise Alarmpläne im Betrieb A in der zweiten und dritten Ebene angesiedelt. Ein weiteres Beispiel dafür, dass die Überschriften nicht selbstverständlich sind. Vor allem auch nicht in der betrieblichen Hierarchie (Arbeitsplatz-Anlage-Betrieb-Unternehmen) gerade beim Auftreten von Störungen und deren Auswirkungen ist aber auch in diesen Hierarchien mit dem PLS und der Organisation entgegen zu wirken.
Es ist vor diesem Hintergrund zu diskutieren, ob eine Ablage nach Überschriften, wie im Betrieb A, dann nicht die „Übersicht“ auf für Störfälle wesentliche Strukturen nicht verfälscht. Im Weiteren werden nun die Unterlagen in den einzelnen Ebenen diskutiert.

Ebene I

In den Betrieben B und D, die demselben Konzern angehören, waren gleich gegliederten Sicherheitsvorschriften vorhanden, die als Dokumente der Ebene I eingestuft wurden. Grundsätzlich waren diese Unterlagen von den beinhalteten sicherheitsrelevanten Themen her äußerst umfassend gehalten, über alle zu erwartenden Sicherheitsproblematiken konnte recherchiert oder nachgelesen werden. Negativ fiel auf, dass es zwei unterschiedliche Arten von Ordnern unter diesem Verzeichnis der Sicherheitsvorschriften gab. Neben sinnvoll benannten Ordnern wie „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ oder „Strahlenschutz“ existieren hier auch schwer überschaubare „Sammelordner“ mit Inhaltssammlungen, welche nicht in direktem Kontext standen und auch nicht mit einem Oberbegriff belegt waren wie beispielsweise: “Sicheres Arbeiten, Sicherstellen, Öffnen von Rohren, Einsteigen, Sicherheitsanhänger, Erdarbeiten, Arbeiten in Höhen, Störungssuche“ und weitere. Somit kann ein Arbeiter, der eine Tätigkeit grundsätzlich beherrscht und sich über die dazu zu treffenden Vorkehrungen informieren möchte vermutlich nur schwer alle für diese Tätigkeit relevanten Inhalte finden.
In Betrieb C ist eine Unterlage über die sichere Durchführung chemischer Reaktionen in der Ebene I anzusiedeln. Dieses Dokument zeigt einen Ansatz im Sinne der grundlegenden Gültigkeit auf, in dem nicht nur grundsätzliche Problematik der im Betrieb eingesetzten Stoffe beschreibt ist, sondern auch Reaktionskinetik und Methoden zur Durchführung verschiedener Risikoanalysen unterrichtet ist. So können

eingesetzte Stoffe in der verwendeten Kombination einer entsprechenden Gefahrenanalyse unterzogen werden.
Betrieb E ist ein Dienstleistungsunternehmen im Bereich der Energiebereitstellung. Die zur Ebene I gehörenden Unterlagen waren hier nicht zu identifizieren.

Ebene II

Die zweite definierte Ebene umfasste Dokumente, die betriebs- und anlageweite Gültigkeit haben. Benutzerhandbücher, Arbeitsanweisungen und betriebsweite Alarm- und Gefahrenabwehrpläne sind Beispiele für diese Kategorie.
Betrieb A wies einen Alarmplan auf. In den Betrieben B und D weisen die Alarm- und Gefahrenabwehrpläne dieselbe Makrostruktur auf. Inhaltlich sind die Pläne sinnvollerweise Objekt- und Objektumgebungsbezogen orientiert und so den Standortgegebenheiten angepasst.
Betrieb C verwendet erst seit kurzer Zeit ein PLS. Dementsprechend sind die zur Verfügung gestellten Unterlagen unter anderen auch Anteile eines Projektfundus und so teilweise keine reinen Arbeitsunterlagen. Neben Prozessbeschreibungen Belehrungsunterlagen für betriebsfremde Personen und Schichtwechselprotokollen sind deshalb auch verschiedene Stellenbeschreibungen zu finden, die mit betriebswerter Gültigkeit ebenfalls als Dokumente der Ebene II zu werten sind.
Betrieb E hat durch seine als Dienstleister abweichende Organisation und Logistik auf dieser Ebene einen Maßnahmenkatalog angesiedelt, der bei Gasgeruch von den Betriebsmitarbeitern abzuarbeiten ist.

Ebene III

Diese Ebene umfasst Dokumente mit direktem Bezug zu einem Arbeitsplatz oder einer Einzeltätigkeit. Deshalb sollten grundsätzlich auf dieser Ebene besonders viele Dokumente zu finden sein, da innerhalb eine Betriebes eine Vielzahl von verschiedenen Tätigkeiten und eine Vielzahl von Anlagen mit unterschiedlichen Bedienanforderungen existent sein sollten. Jedoch wurden die vorliegenden Dokumente von den Betrieben unter den beiden Kriterien ausgewählt, dass zum einen keine Produktionsgeheimnisse daraus offenbar werden sollten, zum anderen dass diese herausgegebenen Dokumente repräsentativ für das angewendete Gesamtsystem sind. Deshalb ist die vorliegende Menge an Unterlagen dieser Ebene überschaubar.

Betrieb A hatte den überwiegenden Teil der vorhandenen Arbeitsdokumente so abgefasst, dass sie spezifisch Tätigkeit und / oder Arbeitsplatz zugeordnet waren. Ein Ordnersystem aus drei verschiedenartigen Ordnern wurde angewendet, bei welchen jeweils ein Ordner tätigkeitszugeordnete, arbeitsplatzzugeordnete und alarmzugeordnete Dokumente enthielt. Dabei waren die Alarmdokumente gemischter Art, es lagen in dem Ordner objektbezogene und werksbezogene Unterlagen und Tätigkeiten vor, so dass der Ordner insgesamt kaum einzustufen war.
In den Betrieben B und D waren sehr sinnvolle Computermasken zur Erstellung von Unterlagen vorgegeben, die neben dem positiven Aspekt des betriebseinheitlichen Erscheinungsbildes auch eine standardisierte Darstellung des Betriebszustandes der Anlage bei der jeweiligen Tätigkeit aufwiesen. Diese Einstufung stellt einen beträchtlichen Sicherheitsgewinn dar, da Operateure bei kritischen Tätigkeiten direkt und eindeutig auf das Gefahrenpotential ihrer Tätigkeit hingewiesen werden. Von Nachteil war dagegen, dass der größte Anteil dieser Anweisungen auf der ersten Gliederungs- und Übersichtsebene als System-Management-Dokument auswiesen waren, der genauere Inhalt ließ sich erst eine Gliederungsebene tiefer ermitteln.
Betrieb C weist auf der Ebene zwei Unterlagen aus, die primär tätigkeitsbezogen sind. Zu Betrieb E liegt auf dieser Ebene nur ein Dokument vor, welches ein Ablaufdiagramm ist. Dies liegt darin begründet, dass sich die Standardtätigkeiten dieses Betriebes weitestgehend auf Überwachung und Regelung erstrecken. Deshalb sind keine spezifischen Arbeitsanweisungen notwendig, die elektronischen Dokumente umfassen diese inhaltlich bereits für die an den untersuchten Arbeitsplätzen zu erfüllenden Tätigkeiten.

Ebene Hilfsmittel

Betrieb A weist auf Hilfsdokumentenebene neben den Registern der oben schon besprochenen Ordner auch checklistenartig aufgebauten Kontrollformulare hin, die gleichzeitig eine Dokumentationsfunktion haben. Die Dokumentenkombination ist sinnvoll, da sie dazu geeignet erscheint eine Mehrfachdokumentation zu vermeiden. Darüber hinaus ist es gemäß der Sicherheitsfunktion der Checkliste für den Abarbeitenden unmöglich, einen Kontrollpunkt zu vergessen wenn die Liste bestimmungsgemäß angewendet wird.

Betrieb B und D weisen ein gleich strukturiertes Hauptregister auf, das sich aus ihrer Konzernzugehörigkeit ableitet. Insgesamt ist dieses Register jedoch als unübersichtlich zu betrachten, was sich wie folgt äußert:
Die Sortierbegriffe sind teilweise in Deutsch teilweise in Englisch aufgelistet, was der Forderung nach Arbeitsunterlagen in der Sprache des Arbeitnehmers nicht nachkommt. Die Sortierbegriffe sind darüber hinaus nicht selbsterklärend. Als Folge wird selbiger Arbeiter kaum imstande sein, aus der zur Verfügung stehenden Datenbank alle für sein Tätigkeitsfeld relevanten Unterlagen zu finden.
Für Betrieb C lagen als Arbeitshilfen lediglich Schichtprotokolle vor, die neben Vorkommnissen auch vermutete Fehlerursachen abfragt.
Für Betrieb E liegen auf der Hilfsdokumentenebene überwiegend Dokumentationsformblätter für verschiedene Störfälle vor.

3.4.3.3 Analyse der Arbeitsunterlagen nach Aufgaben und Betriebszuständen

Da die Unterlagen nicht aufgrund der Bezeichnung zu untersuchen waren, wurden sie inhaltlich zunächst nach generellen Punkten durchsucht. Hier sollte zunächst einmal herausgefunden werden, bei welchen Aufgaben (bzw. die vier Aufgabenfelder des Kapitel 3.2) die Unterlagen den Operateur unterstützen und ob Angaben zu Betriebszuständen abzuleiten sind. Deshalb wurde der Volltext nach folgenden Punkten durchsucht.

Tab. 3.23 Analysekriterien nach Aufgaben und Betriebszuständen in den Unterlagen

Muss eines oder mehrere der genannten Aufgabenfelder mittels der Unterlage abgearbeitet werden?		
	Ja	Nein
• Überwachen		
• Bedienung		
• Koordination und Kommunikation		
• Ausbildung		
Wird der Betriebszustand angegeben oder auf Maßnahmen bei eventuellen Eintreten der Zustände		
Gutbereich		
Zulässiger Fehlerbereich		
Unzulässiger Fehlerbereich		
hingewiesen?		

Da die Unterlagen (in Bezug auf diese Punkte) meistens zu unspezifisch sind, können Mehrfachnennungen auftreten. Diese Analyse soll zunächst aufzeigen, in wie weit kritische Betriebszustände berücksichtigt werden und ob die Aufgabenbedeutung, wie sie über die Matrizen ermittelt wurde, auch in den Unterlagen so wider gespiegelt wird. Das Ergebnis wird in Kapitel 3.4.4.2 dargestellt.

3.4.3.4 Analyse der Arbeitsunterlagen nach Kriterien für Anforderungen

Um in die Diskussion über die Anforderungen an Arbeitsunterlagen den aktuellen Stand der Unterlagen aus den Betrieben mit einfliesen zu lassen, wurden die oben genannten 48 Unterlagen nach spezifischeren inhaltlichen Kriterien durchsucht, welche nach Sichtung der Literatur und Erfahrungen in diesem und anderen Projekten aus unserer Sicht als Anforderungen zu gelten haben. Unabhängig von der Form und dem Zweck der Unterlage wurden inhaltlich demnach folgende 15 Punkte betrachtet:

1) Allgemeine Erklärung vorhanden

   Hierunter ist zu verstehen, ob dem Anwender die Zielrichtung der Unterlage durch entsprechend einleitende Worte vermittelt wird. Es sollten organisatorische Angaben gemacht werden und die Unterlagenart muss klar erkennbar sein.

2) Unterlagenhierarchie erkennbar

   Die Stelle in der Hierarchie von den gesamten Unterlagen sollte auf der Unterlage ersichtlich sein. Somit kann die höhere Priorität einer Unterlage erkannt werden, falls mehrere Unterlagen gleichzeitig in Frage kommen.

3) Bezugobjekt oder -ort erkennbar

   Es muss deutlich ersichtlich sein, zu welchem Anlagenobjekt bzw. zu welchem Standort in der Anlage die Unterlage korrespondiert.

4) Aktualisierung dokumentiert

   Unabhängig vom Inhalt sollte die letzte Aktualisierung zu Zwecken der Qualitätssicherung auf der Unterlage vermerkt sein.

5) Betriebszustände erkennbar

   Der Betriebszustand, für welchen die Unterlage gilt, sollte deutlich vermerkt sein.

6) Zweck erkennbar

   Der Zweck der Unterlage muss für den Operateur erkennbar sein, d.h. die direkte Aufgabe, die mit Hilfe dieser Unterlage durchgeführt werden soll.

7) Zielperson identifizierbar

   Die Zielperson, die die in den Unterlagen beschriebenen Aufgaben und Tätigkeiten durchführen soll, ist auf den Unterlagen festzuhalten

8) Zeitliche Abfolge

   Auch die aufgabenbedingte zeitliche Abfolge der Unterlage (im Bezug auf die durch die verfahrenstechnische notwendige zeitliche Abfolge) sollte für den Anwender klar gekennzeichnet sein.

9) Arbeitsbedingte Abfolge

   Neben der zeitlichen Abfolge, der zu erledingenden Aufgaben und Tätigkeiten, sollte auch die arbeitsbedingte Abfolge deutlich aufgeführt werden.

10) Informationen über die Gefahrstoffe beinhaltet

    Es wurde betrachtet, ob in der Unterlage Angaben über die in der Anlage befindlichen Gefahrstoffe vorzufinden sind.

11) Vorgehen im Störfall definiert
    Im Fall eines Störfalles müssen dem Operateur klare Handlungsanweisungen vorliegen. Die zu erfüllenden Tätigkeiten und Aufgaben sollten klar und ohne Missverständnisse zu verstehen sein.
12) Definiert, was zu unterlassen ist
    Die Handlungen, die für Sicherheit der Anlage nicht durchgeführt werden dürfen, sollten klar und ohne Missverständnisse aufgelistet sein.
13) Verantwortliche Person identifizierbar
    Die Person, die für die in den Unterlagen gegebenen Situationen verantwortlich ist und die entsprechenden Anweisungen gibt, ist auf den Unterlagen festzuhalten.
14) Querhinweis beinhaltet
    Es sollten Hinweise auf abhängige Tätigkeiten bzw. Anlagenteile oder andere Personen gegeben werden.
15) Hilfsmittel vorhanden
    Falls nötig, sollten Hilfsmittel wie z. B. Schaltpläne, Vordrucke u. ä. beiliegen.

Dabei wurde zunächst einmal betrachtet, ob generell das Kriterium für die Unterlage erforderlich ist. Zum Beispiel sind Gefahrstoffinformationen nicht erforderlich, wenn es sich um ein Schichtprotokoll handelt. So fällt diese Unterlage aus der Grundgesamtheit für dieses Kriterium. War ein Kriterium erforderlich, dann wurde untersucht, ob es beinhaltet war oder nicht.
Im Kapitel 3.4.4.2 werden die Ergebnisse dargestellt und in Zusammenhang mit den bisherigen Ergebnissen diskutiert.

3.4.4 Ergebnisse der Arbeitsunterlagenanalyse

3.4.4.1 Analyseergebnisse der Unterlagen aus den Betrieben

Hier wird zusammengefasst dargestellt, welche Aspekte bei der Sichtung der Unterlagen der Betriebe positiv bzw. negativ auffielen.

Betrieb A

Positiv:

Die Unterlagen sind rückverfolgbar gekennzeichnet. Jede Anweisung enthält im Kopf die Versionsnummer, das Datum des Inkrafttretens sowie den zuständigen Sachbearbeiter als Ansprechpartner. Die Anweisungen sind in Checklistenform individuell für jede Maschine vorhanden. Diese „Nachschlagewerke“ bei Unsicherheiten beim Abarbeiten komplexer Abläufe können die Mitarbeiter Schritt für Schritt abarbeiteten und Fehler bei Einzelhandlungen und Handlungsreihenfolgen ausschließen.

Einzelne sicherheitskritische Tätigkeiten wie zum Beispiel die Entladung von Zulieferer-LKWs müssen auch dokumentiert werden. Dazu werden auf Checklistenausdrucken die Prüfpunkte abgehakt und gegengezeichnet.

Unterlagen für alle auftretenden Tätigkeiten sind vorhanden, darüber hinaus existieren zusätzliche Dokumente für verschiedene Betriebszustände (Normalbetrieb, Anfahren, Abstellen, Wartung) und so weit nötig auch für Zustände wie Störungen.

Negativ:

Die Unterlagen sind in drei verschiedenfarbige Ordner gegliedert. In den Ordner Betriebsanweisungen sind eher tätigkeitsbezogene Arbeitsunterlagen und in den Ordner Betriebsvorschriften anlagenbezogene Arbeitsunterlagen einsortiert. Diese grundsätzliche Unterscheidung der Dokumente wäre sinnvoll, wenn sie konsequent eingehalten würde. Da es aber immer wieder zu Durchmischungen des Dokumentenbezugs in den Ordnern kommt, müssen stets beide Ordner durchsucht werden, um keine erforderliche Unterlage zu übersehen.

Die im Ordner „Alarm“ abgelegten Notfallunterlagen sollten jeweils Teil der objekt- oder anlagenbezogenen Dokumente sein, damit die Notfallanweisungen automatisch im Rahmen der Tätigkeitsvorbereitung mitgelesen werden und stets als direkte Anleitung zur Tätigkeit etc. vorliegen.

Betrieb B

Positiv:

Generell waren die Anweisungen in übersichtlicher und leicht verständlicher Form gestaltet. Sie lagen in elektronischer Form vor und wurden für jede Tätigkeit ausgedruckt. Die Ausdrucke waren mit Datum versehen und wurden grundsätzlich nur am

Tag des Ausdruckes als gültig betrachtet, wodurch immer nur die aktuellste Ausgabe jeder Anweisung zur Anwendung kommen konnte.
Die Anweisungen waren jeweils nur für eine Tätigkeit bei einem Betriebszustand zugeschnitten und dadurch übersichtlich. Besonders gut waren sofort erkennbare Kennzeichnungen auf jedem Dokument, die die jeweilige Tätigkeit als Routineablauf, kritischen Ablauf etc. kennzeichneten und somit den Operateur für entsprechende Gefahrenschwerpunkte sensibilisierten.
Das Vorschriftenwesen war weitestgehend identisch mit dem des Betriebes D, da beide Betriebe demselben Konzern angehörten und sinnvollerweise ein gleichartiges, konzernweit eingesetztes Qualitätsmanagementsystem nutzen. Somit können neue Erkenntnisse über das Sicherheitssystem unverzüglich allen anderen Niederlassungen zur Verfügung gestellt werden.

Negativ:
Das QMS- Vorschriftensystem ist teilweise unübersichtlich, es können ohne Grundwissen vermutlich nicht alle relevanten Vorschriften zu einem Thema aufgefunden werden. Dieser Effekt wird dadurch verstärkt, dass in der oberen Gliederungsebene alle Dokumente gleichartig als System-Management-Dokument benannt werden. „Sammelordner“ ohne Überkategorie, in denen verschiedene Dokumente abgelegt sind, tragen ebenfalls nicht zur Überschaubarkeit bei.

Betrieb C
In diesem Betrieb wurde erst kurze Zeit zuvor ein neues PLS- System eingeführt, als Folge waren noch sehr wenige darin eingeordnete Dokumente vorhanden.

Positiv:
Eine Ausbildungsunterlage zur Sicherheitsphilosophie der Firma, die Methoden zur Risikoabschätzung für Reaktionsvorgänge beinhaltet, ist vorhanden.
Negativ:
Sonstige vorliegende Dokumente weisen nur unvollständige Kategorisierungen auf. Beispielsweise fehlt die Angabe des Gültigkeitsbereich und des Erstellers / Bearbeiters eines Dokumentes.

Betrieb D

Abgesehen von den verschiedenartigen Produktionsanlagen unterschieden sich die angewandten Unterlagen in den Betrieben B und D nicht. Der Grund dafür liegt darin, dass beide Betriebe einem Konzern angehören, der ein in allen Niederlassungen gleiches Qualitätsmanagementsystem nutzt.

Betrieb E

Betrieb E fiel als Dienstleistungsunternehmen (Energieversorger) aus dem Rahmen der übrigen untersuchten Betriebe. Arbeitsunterlagen im bisher geschilderten Sinn waren nicht vorhanden, da die EDV- gestützten Steuerungssysteme in Verbindung mit hoch qualifizierten, aufwendig geschulten Bedienern an die spezifischen Bedürfnisse angepasst sind.

Positiv:

Vorgefertigte Meldeformulare für die Servicetechniker erleichtern die Dokumentation von Störungen sowie deren Auswertung.

Negativ:

Der zur Verfügung gestellte Unterlagensammelordner enthielt diverse Unterlagen, von denen einige nicht einmal den entferntesten Arbeitsbezug hatten (Beispiel: Presseartikel über das Unternehmen). Es sollte nur so viel wie nötig vorgehalten werden.

3.4.4.2 Ergebnisse der inhaltlichen Auswertung

Zunächst soll gezeigt werden, wie sich die Betriebszustände in den untersuchten Unterlagen niederschlagen. Als Erstes getrennt nach den unterschiedlichen Betrieben wie in der folgenden Abbildung 3.12 dargestellt.

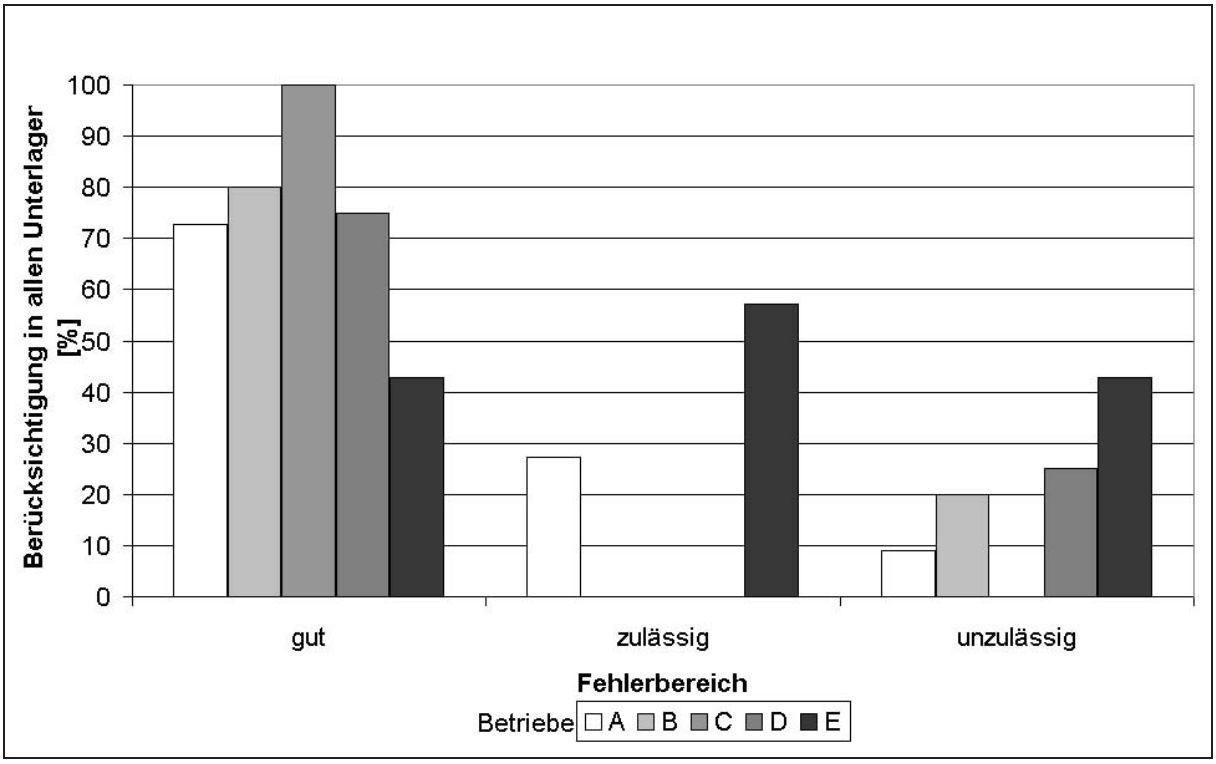


Abb. 3.12 Berücksichtigung der Betriebszustände in den Unterlagen der Betriebe

Generell ist zu sagen, dass der zulässige Fehlerbereich in nur zwei Betrieben Berücksichtigung findet. Es fällt auf, dass gerade der nicht bestimmungsgemäße Betrieb im Betrieb E (Energieversorger) am meisten Berücksichtigung findet. Dieser hat bei der Arbeit der Operateure dieses Betriebs auch die höchste Präferenz, gilt es doch tagtäglich Störungen in den Netzen zu beheben. Gerade aus diesem Grund wurde dieser Betrieb auch ausgewählt.

Dieser aufgabenintensive Betriebszustand wird auch im Betrieb A (Luftzerlegung) berücksichtigt. Hierzu sind zwei Gründe zu nennen, zum einen ist hier das PLS im Vergleich zu den anderen Betrieben schon am längsten umgesetzt und man hat mehr Kenntnisse über auftretende Störungen. Zum anderen werden hier regelmäßig die schon erwähnten UMEA durchgeführt, die dann in neue Unterlagen für den nicht bestimmungsgemäßen Betrieb umgesetzt werden.

Im Betrieb C (Chemikalien) ist das PLS ganz neu eingeführt und es wird in den Unterlagen offensichtlich nur vom bestimmungsgemäßen Betrieb ausgegangen.

Das gerade in der Chemiebranche der nicht bestimmungsgemäße Betrieb nicht so in den Unterlagen Berücksichtigung findet, ist bei den eventuell entstehenden Schadensausmaßen als kritisch zu sehen.

Da über die Matrizen (Tabelle 3.5 bis 3.7) die Bedeutung der Aufgaben für die Operateure in Bezug der Betriebszustände ermittelt wurde, soll diese nun zur Diskussion hinzugezogen werden. Dazu wurden für die nachfolgende Abbildung 3.13 das normierte Deckungsverhältnis für alle Aufgabenfelder zusammengefasst.

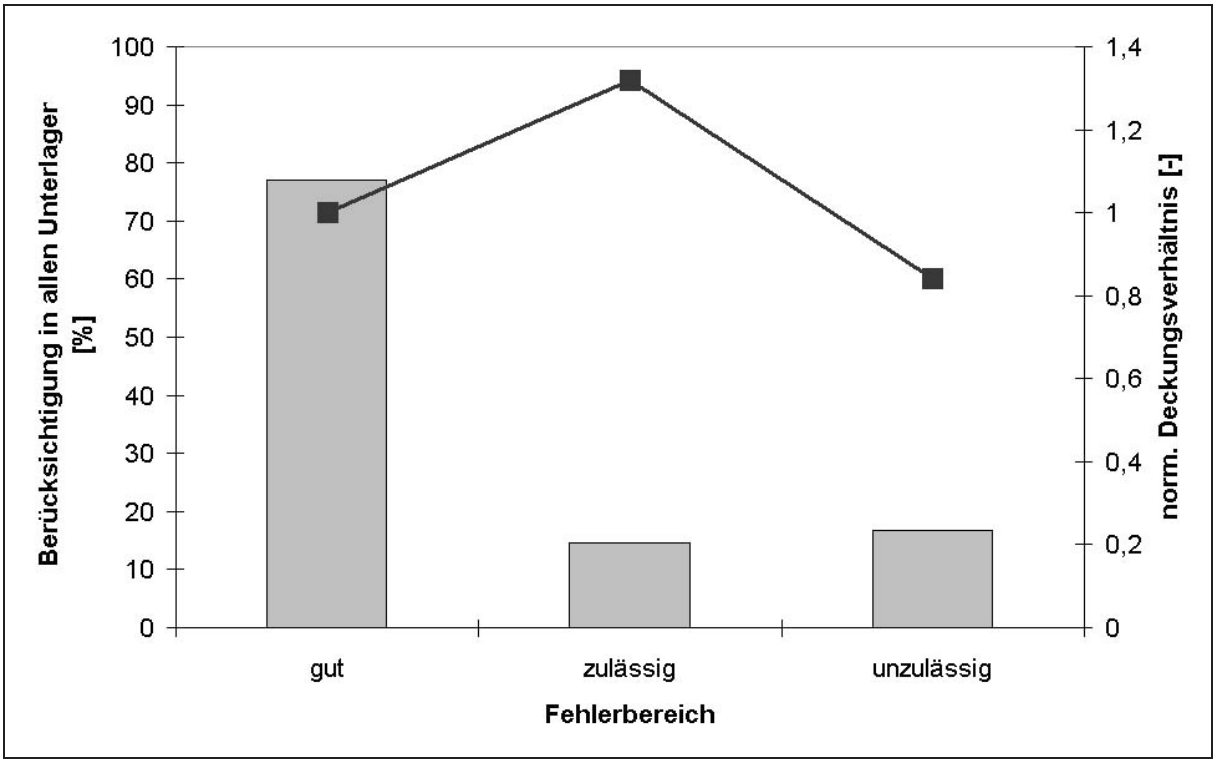


Abb. 3.13 Bedeutung der Betriebszustände in den Unterlagen im Vergleich mit den Ergebnissen der Aufgabenanalyse

In der Abbildung 3.13 ist nochmals deutlich zu sehen, dass in den meisten Unterlagen der bestimmungsgemäße Betrieb im Vordergrund steht.

Da die Unterlagen dem Operateur bei seinen Aufgaben als Hilfsmittel zu unterstützen haben, ist es kritisch zu betrachten, dass gerade der Betriebszustand, in dem der Operateur am meisten Aufgaben zu erfüllen hat am wenigsten Berücksichtigung in den Unterlagen findet.

Da die Unterlagen auf den Inhalt des kompletten Textes untersucht, und in vielen Unterlagen auf zwei oder alle drei Betriebszustände in Handlungspaketen eingegangen wurde, konnten die Unterlagen nicht nach den Betriebszuständen sortiert werden. Eine Analyse der Aufgabenbedeutung in den Unterlagen getrennt nach Betriebszuständen, wäre wünschenswert gewesen.

So kann hier nur auf die Bedeutung der Aufgabenfelder in allen Unterlagen eingegangen werden. Auch hier sollen die Ergebnisse der Aufgabenanalyse aus der Matrix mit diskutiert werden, wobei die Bedeutung der Aufgabenfelder generell bei allen Betriebszuständen ermittelt wurde.

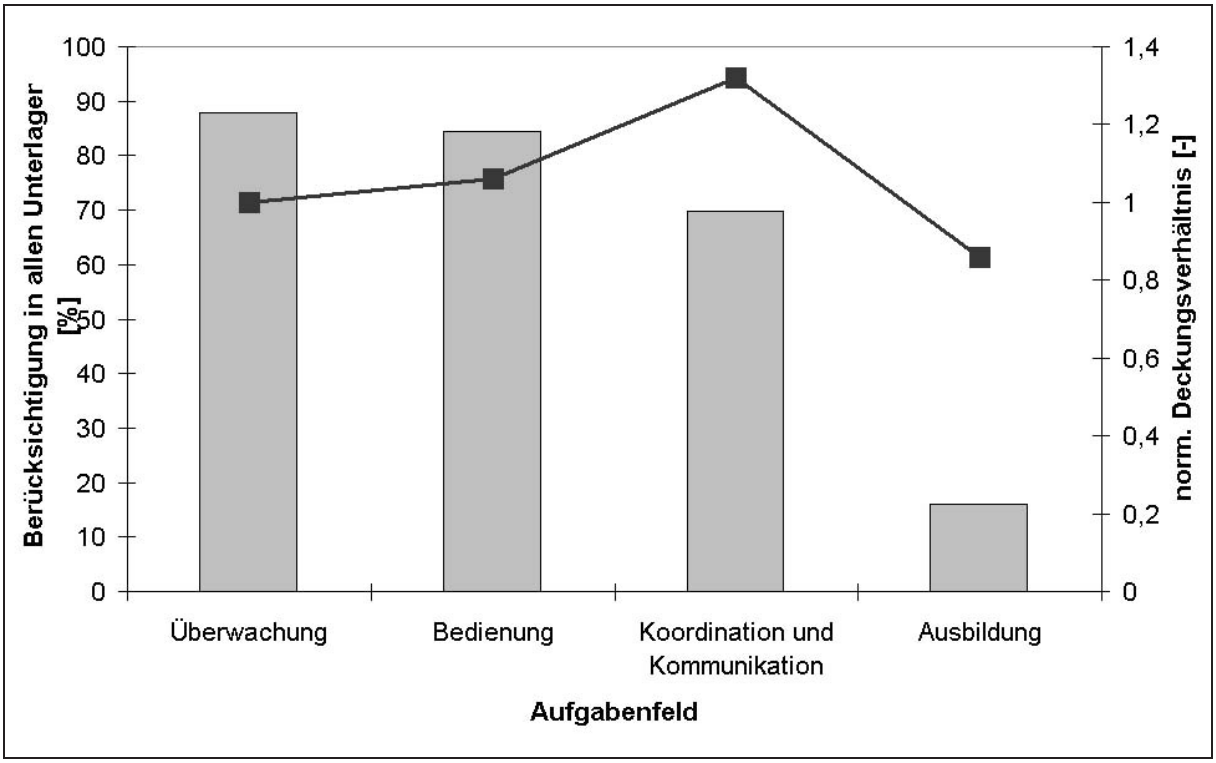


Abb. 3.14 Vergleich der Bedeutung der Aufgabenfelder in den Unterlagen und der Matrix

Die Aufgabenfelder Überwachung und Bedienung spiegeln in den Unterlagen eine ähnliche Bedeutung wie in der Aufgabenanalyse durch die Matrizen wider. Die Diskrepanz bei der Koordination und Kommunikation rührt daher, dass viele Aufgaben hier rein durch Besprechungen, Telefonate usw. abgehandelt werden. Diese Aufgaben werden in der Matrix berücksichtigt, verständlicherweise jedoch nicht in den Unterlagen.

Das es zu wenig Unterlagen gibt, die die Ausbildung berücksichtigen, ist als kritisch zu sehen, sieht man doch wie im Betrieb A sinnvoll Betriebszustände im nichtbestimmungsgemäßen Betrieb anhand von Ausbildungen (Systemanalysen) betrachtet werden, was wie schon oben erwähnt, die Methodenkompetenz aber auch das Unterlagendefizit für diesen kritischen Betriebsbereich ausgleicht.

Als nächstes sollen nun die Ergebnisse der Analyse nach den Kriterien für die in Kapitel 3.4 vorgestellten wesentlichen Anforderungen diskutiert werden.
In den entsprechenden Darstellungen (Abb. 3.15 und 3.16) wird sowohl der Gesamtprozentsatz über alle Unterlagen, als auch der Prozentsatz über die Unterlagen der verschiedenen Ebenen für jedes Kriterium dargestellt.
Durch die Unterscheidung der verschiedenen Ebenen kann die Bedeutung der Kriterien in wesentlichen Unterlagen im Sinne der Schadensbegrenzung einer Störung bzw. eines Störfalles betrachtet werden. Wesentlich sind hier Unterlagen der Ebene II und III, da sie aufgrund ihrer Hierarchie einer Schadensausbreitung frühzeitig entgegenwirken können (siehe Abb. 3.15).

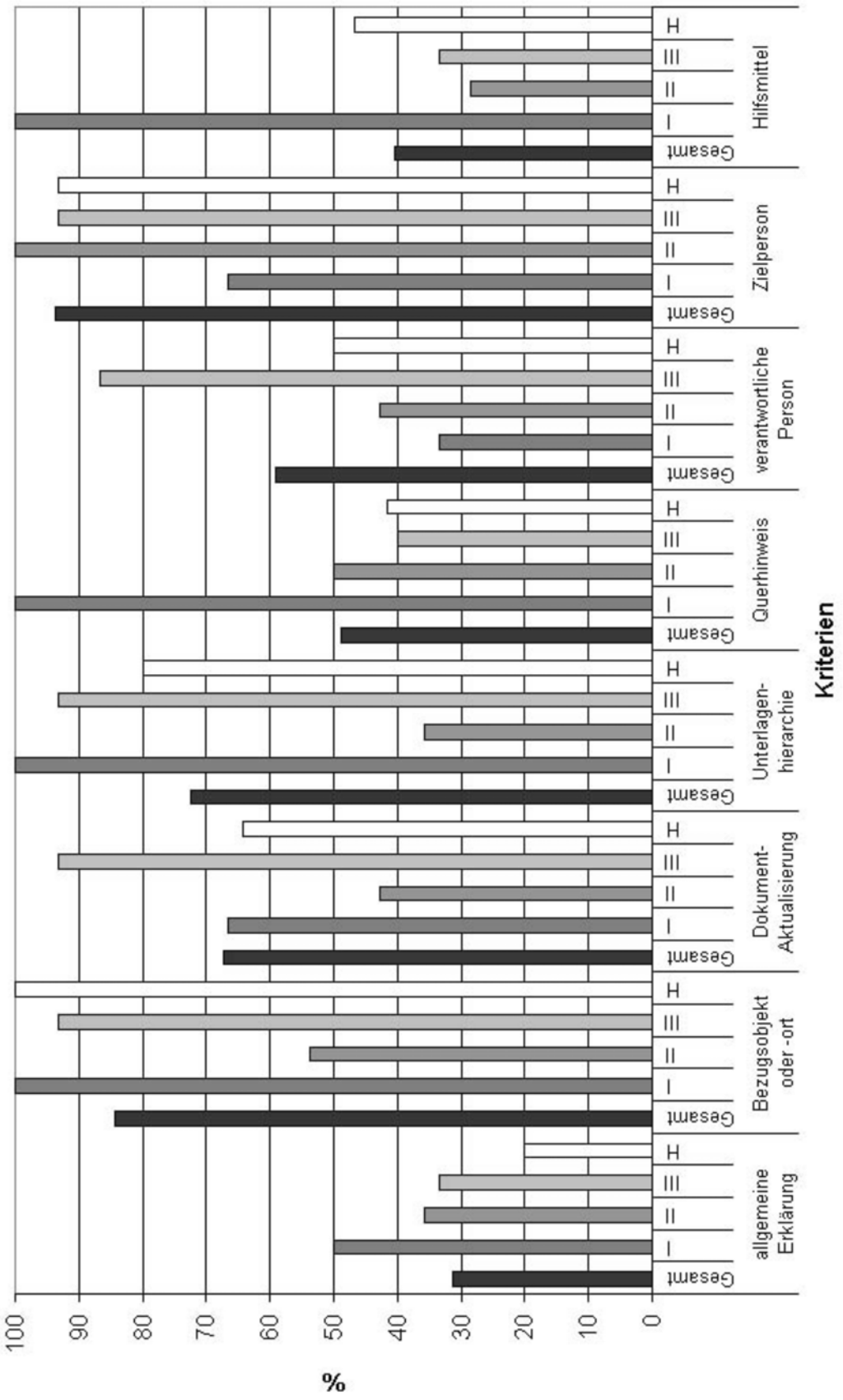


Abb. 3.15 Bedeutung der Kriterien in den verschiedenen Unterlagenebenen Teil 1

Aktualisierung der Dokumente:

Nach dieser Auswertung zeigt sich, dass die Aktualisierung der arbeitsplatz- bzw. tätigkeitsbezogenen Unterlagen (Ebene III) zu über 90 % regelmäßig erfolgt. Betrachtete Unterlagen der anderen Ebenen werden zu über 60 % aktualisiert. Als kritisch zu sehen ist die Aktualisierung der Dokumente der Ebene II (anlagenbezogen); sind doch hierunter auch die Alarm- und Gefahrenabwehrpläne gefasst. Dieser Sachverhalt ist bezüglich der Schadensbegrenzung bei Störfällen als kritisch zu sehen (siehe auch Kapitel 2.2.3.2).

Ebenso kritisch ist zu sehen, dass Querverweise also Hinweise auf abhängige Tätigkeiten bzw. Anlagenanteile gerade bei den Unterlagen der Ebene II fehlen. Dies ist sicherlich damit zu begründen, dass diese schon sehr spezifisch sind. Auf der anderen Seite sind Querverweise gerade hier sinnvoll, damit ausgehend von einer auftretenden Gefahrensituation direkt benachbarte Anlagenteile berücksichtigt werden können, ohne dass auf eine andere Unterlage zurückgegriffen werden muss.

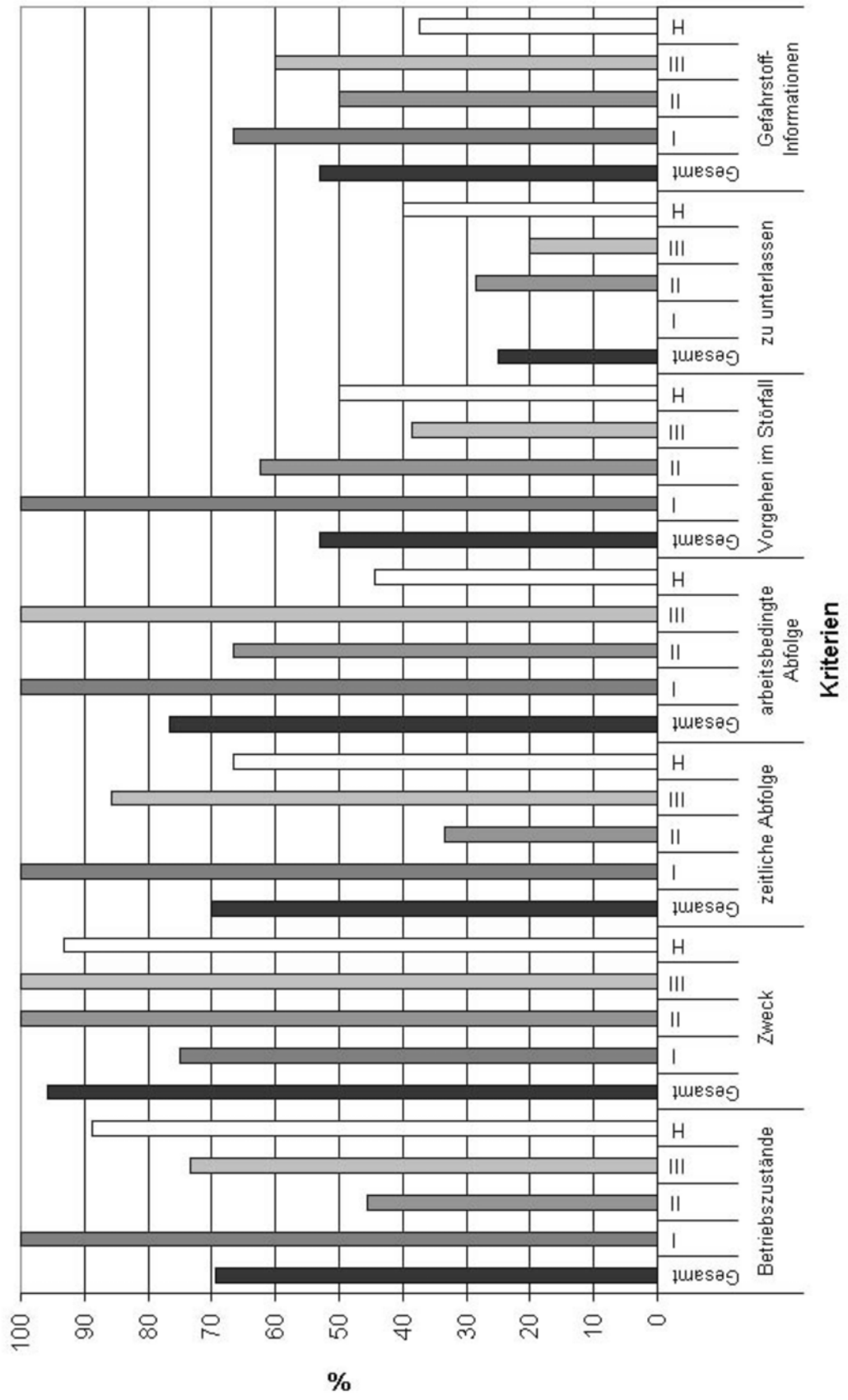


Abb. 3.16 Bedeutung der Kriterien in den verschiedenen Unterlagenebenen Teil 2

Bei den im Störfall bedeutenden Kriterien „Vorgehen im Störfall“ und „zu unterlassende Handlungen“ ist zu erkennen, dass hier die arbeits- und tätigkeitsbezogenen Unterlagen am wenigsten auf diese Anforderungen ausgerichtet sind. Auch hier ein Hinweis darauf wie der nicht bestimmungsgemäße Betrieb in den Unterlagen vernachlässigt wird. Zugunsten der Automatisierung, fehlen dem Operateur hier Angaben, die wichtig sind für den Fall, dass die Technik versagen sollte.

3.5 Vergleich von papier- mit rechnergestützten Arbeitsunterlagen

In dem folgenden Kapitel wird ein Überblick gegeben über die vorgefundene Art der Arbeitsunterlagen in den fünf untersuchten Betrieben. Außerdem werden die generellen Vor- und Nachteile der beiden Formen diskutiert, wobei es nicht möglich ist einer Variante den Vorzug zu geben, da hier betriebsspezifische Parameter (Zielsetzung und Einsatz der Arbeitsunterlage) eine große Rolle spielen.
So sind auch die Aussagen, die aus der Umfrage der Hersteller von PLS gewonnen werden konnten nicht einheitlich. Teilweise werden die Unterlagen im PLS eingebunden als Online-Hilfe oder Kontextmenüs, teilweise werden Handbücher in Prosaform mitgereicht.
Die Vorteile der elektronischen Dokumentation liegen auf der Hand. Es ist sehr einfach sie auf einem aktuellen Stand zu halten und die Dokumente können leicht durchsucht werden z. B. mittels Querverweisen. Durch die Einbindung von Bild- oder Videomaterial können ausführliche Prosatexte entfallen. Die Dokumente stehen vielen Personen zur Verfügung und können auch gleichzeitig benutzt werden. Nachteile sind allerdings, dass ein Zugriff auf die Dokumente nur erfolgen kann, wenn der Rechner läuft und die Arbeitsunterlage kann auch nicht mitgenommen werden.
Dahingegen kann auf Papierunterlagen auch ohne Rechner zugegriffen werden und die Unterlage kann dorthin mitgenommen werden, wo sie benötigt wird.
Die Nachteile liegen in dem schlechten Abgleich der Versionen, d. h. es ist schwer Papierunterlagen auf dem neusten Stand zu halten. Auch Suchvorgänge gestalten sich schwieriger, zumal die Gefahr des falschen Einsortierens besteht. Zusätzlich kann es bei handschriftlichen Notizen zu Problemen kommen, wenn diese schlecht entziffert werden können.

Für die Analyse der Arbeitsunterlagen wurden nur solche Unterlagen als rechnergestützt definiert, die vom Operateur auch nur am Rechner benutzt werden. Die Erstellung der Arbeitsunterlagen erfolgt heute fast ausschließlich mittels elektronischer Textverarbeitung und meistens stehen sie im Firmennetzwerk (Intranet) online zur Verfügung, jedoch werden die Unterlagen für die Verwendung ausgedruckt und in Papierform benutzt.
Dies ist in den Betrieben B, C und D der Fall. Der Vorteil dieser Mischform liegt in der einfachen Suche nach Unterlagen, die in dem System entsprechend aktuell gehalten werden können. Der Operateur kann die Unterlage dann ausdrucken und dort einsetzen, wo er sie benötigt. In den Interviews mit den Operateuren wurde auch angegeben, dass die Lesbarkeit einer Papierunterlage als angenehmer empfunden wird.
Somit können die Vorteile der beiden Formen genutzt werden. In den oben aufgeführten Betrieben stehen dafür vom PLS getrennte Rechner zur Verfügung, sodass der Operateur parallel die Bedienung des PLS und die Verwendung der Unterlage ausführen kann.
In allen Betrieben stehen Hilfen zur Bedienung des PLS und Informationen zu den Parametern (Sollwerte und Varianzen) sowie zu Anlagenteilen online auf dem System zur Verfügung. Beim Betrieb C gibt es die Besonderheit, dass es für die Zugriffsrechte auf die Parameter, um z. B. Veränderungen vorzunehmen, verschiedene Stufen gibt, die durch Passwörter geschützt werden. So kann nur der Schichtleiter auf alle Parameter zugreifen und sie verändern oder anpassen. Der einfache Operateur hat nur ein Leserecht in diesem Bereich, kein Schreibrecht. Es können für erfahrene Operateure die Parameter auch teilweise freigegeben werden.
Die Betriebe B und D arbeiten mit einem elektronischen Schichtbuch, das von den Operateure voll akzeptiert ist und als sehr gut bezeichnet wird. Für Einträge muss sich der Operateur mit seinem Namen und Kennwort anmelden, was eine gute Rückverfolgung und Archivierung bietet. Die Einträge zu Instandsetzungen, Störungen oder Terminen sowie deren Zustände (in Arbeit, offen, erledigt) sind durch Piktogramme schnell zu erkennen. So sind jeder Schicht die Informationen leicht und übersichtlich zugänglich. Der Tagesbericht wird für die Schichtübergabe jedoch auch ausgedruckt und in Papierform gelesen, da sich dies als praktikabler für die Operateure herausgestellt hat.
Im Betrieb E werden viele Unterlagen von den Operateuren selbst erstellt wie z. B. die Störungsberichte. Hier werden Formulare als Papierunterlage eingesetzt, in der

der Operateur schnell und übersichtlich die entsprechenden Einträge ankreuzt. Ein Teil der Berichte wird mittels elektronischer Textverarbeitung erstellt. Die wichtigste Unterlage in diesem Betrieb ist die Anzeige des Energienetzes, die sowohl auf den Bildschirmen des Operateurs als auch auf der großen Anzeigetafel in der Leitwarte erfolgt. Dort sind alle Anlagen, Leitungen und Rohrnetze sowie die Übergabe- und Entnahmestationen mit ihren derzeitigen Betriebszuständen zu erkennen. Die unterschiedlichen Medien (Strom, Gas, Wasser, Fernwärme) sind farbig unterschieden. Besonders hervorzuheben ist an dieser Stelle die im System hinterlegte geografische Funktion, die bei einer gemeldeten Störung den Ort im Stadtplan mit den dazugehörigen Anlagenkomponenten und Netzen darstellt, was das Auffinden der Störungsursache stark erleichtert sowie die schnelle und zielgerichtete Entsendung des Entstörungspersonals.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass beide Formen sinnvoll und zielgerichtet eingesetzt werden können. In dem größeren Teil der untersuchten Betrieben hat sich die Mischform, Vorhaltung und Aktualisierung elektronisch und Verwendung als Papierunterlage, als hilfreich für die Operateure erwiesen. Somit trägt dies zu einer Erhöhung der Sicherheit bei, da die Operateure die Unterlagen als echtes Werkzeug bei ihrer Arbeit verwenden.

Ebenso verhält es sich mit den verfahrenstechnischen Fließbildern der Anlage. Zwar sind diese im PLS hinterlegt und werden teilweise auch an Übersichtstafeln dargestellt, jedoch benötigen die Operateure die Fließbilder (PID) auch als Papierunterlage.

Wichtiger als die Art der Unterlage ist die Form der Ausführung. Es nutzt nichts, wenn eine Unterlage zwar schnell gefunden wird, aber nicht verständlich geschrieben oder nicht aktualisiert ist. So kann an dieser Stelle nur empfohlen werden, die Art der Unterlage, also papier- oder rechnergestützt, von den betriebsspezifischen Gegebenheiten abhängig zu machen. Zu der Form der Arbeitsunterlage wird im folgenden Kapitel 4 ausführlich Stellung genommen.

4 Anforderungen an Arbeitsunterlagen

Aus den Auswertungen und Ergebnissen der vorhergehenden Kapitel lassen sich Anforderungen an Arbeitsunterlagen ableiten. Der Fokus für die Erstellung von Anforderungen liegt dabei auf der Erhöhung der Sicherheit bei verfahrenstechnischen Anlagen, die mit PLS gesteuert werden. Dazu gehört auch die Unterstützung des Operateurs eben durch diese Arbeitsunterlagen. Da in dem vorliegenden Bericht nur allgemeingültigen Aussage getroffen bzw. anhand ausgewählter Betriebe Beispiele dargestellt werden können, muss dann bei der Umsetzung der genannten Anforderungen in die Praxis von den Betrieben die Aufgaben- und Qualifikationsanalyse geleistet werden, die dann spezifisch zu den Gegebenheiten der Anlage passt. Nur dann wird gewährleistet, dass die erstellten Arbeitsunterlagen den betriebsspezifischen Anforderungen Rechnung tragen und somit zu einer Erhöhung der Sicherheit beitragen.

4.1 Allgemeine Anforderungen an Arbeitsunterlagen aus der Literaturanalyse

Auf der Basis der Literaturanalyse wurden folgende Anforderungen an Arbeitsunterlagen für PLS-Operateure, welche nach Stand der bisherigen Untersuchungen festgestellt sind, herauskristallisiert:

- Es soll nur so viele Unterlagen wie nötig geben (nicht mehr und nicht weniger).
- Die Unterlagen sollen so viele Seiten wie nötig enthalten, mit anderen Worten: Die Unterlagen sollten so konzentriert als möglich verfasst sein.
- Der Bediener ist nur bei Handlungsbedarf zu informieren.
- Die Informationen müssen wieder auffindbar abgelegt sein und das an mehreren Stellen.
- Die Aktualität muss gewährleistet sein ebenso wie die Revision der Unterlagen. Mit letzterem ist gemeint, dass Unterlagen nicht einfach additiv ergänzt werden, sondern die Ergänzungen auf Redundanz und Widersprüchlichkeit zu früheren Informationen geprüft werden.

- Die Unterlagen sind optisch ansprechend und gut lesbar zu gestalten.
- Die Unterlagen müssen für den Operateur ausreichend detailliert verfasst sein (unter Beachtung von Punkt 2).
- Die Farbe soll zur Unterstützung der Sicherheitsrelevanz herangezogen werden; außerdem muss der Zusammenhang zwischen Dringlichkeit des Handlungsbedarfs und der Farbe gewahrt bleiben.
- Jeder Unterlage soll, soweit möglich und sinnvoll, eine Übersicht über den wesentlichen Inhalt (z. B. als Ablaufplan) vorangestellt werden.
- Unterteilung in verschiedene Tätigkeitspakete, wobei sich die einzelnen Tätigkeitspakete optisch voneinander absetzen sollten z. B. durch Zwischenüberschriften und Abstände.
- Jedem Tätigkeitspaket sollte ein ungefährer Zeitrahmen zugeordnet sein.

4.2 Anforderungen an rechnergestützte Arbeitsunterlagen aus der Literaturanalyse

Die Darstellungen für die papier- und rechnergestützten Unterlagen müssen den ergonomisch-physiologischen Anforderungen entsprechen. Im Folgenden werden stichwortartig die Anforderung für die Bildschirmgestaltung aus der Literatur vorgestellt. /UBA 01/ Die Notwendigkeit hierfür ergibt sich, da häufig Arbeitsunterlagen rechnergestützt vorgehalten werden und diese Anforderungen somit z. B. für ein Hilfsmenü gelten sollten, welches auch als Arbeitsunterlage angefordert werden kann. Gleiches gilt für die Darstellung von Alarmen.

- Der Bildschirm muss flimmerfrei sein, das heißt, eine Bildwiederholrate von mehr als 70 Hz aufweisen.
- Reflexionen müssen vermieden werden.
- Die Darstellungen am Bildschirm müssen ausreichend hell sein.
- Weiterhin muss ausreichend Kontrast zwischen Hintergrund und Vordergrund vorhanden sein.
- Die Zeichengröße muss für bessere Erkennbarkeit ausreichend groß sein.
- Die Kodierungen, zum Beispiel die Farbkodierung, müssen redundant sein.

Bei Alarmierung gelten folgende Anforderungen:

- Bei Alarmierungen müssen mehrere Sinne angesprochen werden.
- Das Signal wichtiger Alarmierungen muss sich vom Hintergrundrauschen gut unterscheidbar darstellen und der Blinkabstand ausreichend groß sein.
- Die Grenze der visuellen wie auch akustischen Verarbeitung ist von Mensch zu Mensch verschieden, dem muss Rechnung getragen werden.

Des Weiteren hat die Literaturanalyse, die Datenauswertung aus der Praxis und die Analysen in den untersuchten Betrieben gezeigt, dass sich Arbeitsunterlagen für Prozessanlagen mit PLS nur definieren lassen, wenn die dazugehörigen Anforderungen, welche sich auf den betrieblichen Zustand beziehen, klar definiert sind. Abbildung 4.1 zeigt in einer Übersicht die Hauptsituationen, die sich für einen Betrieb üblicherweise ergeben, für die Arbeitsunterlagen bereitgestellt werden müssen.

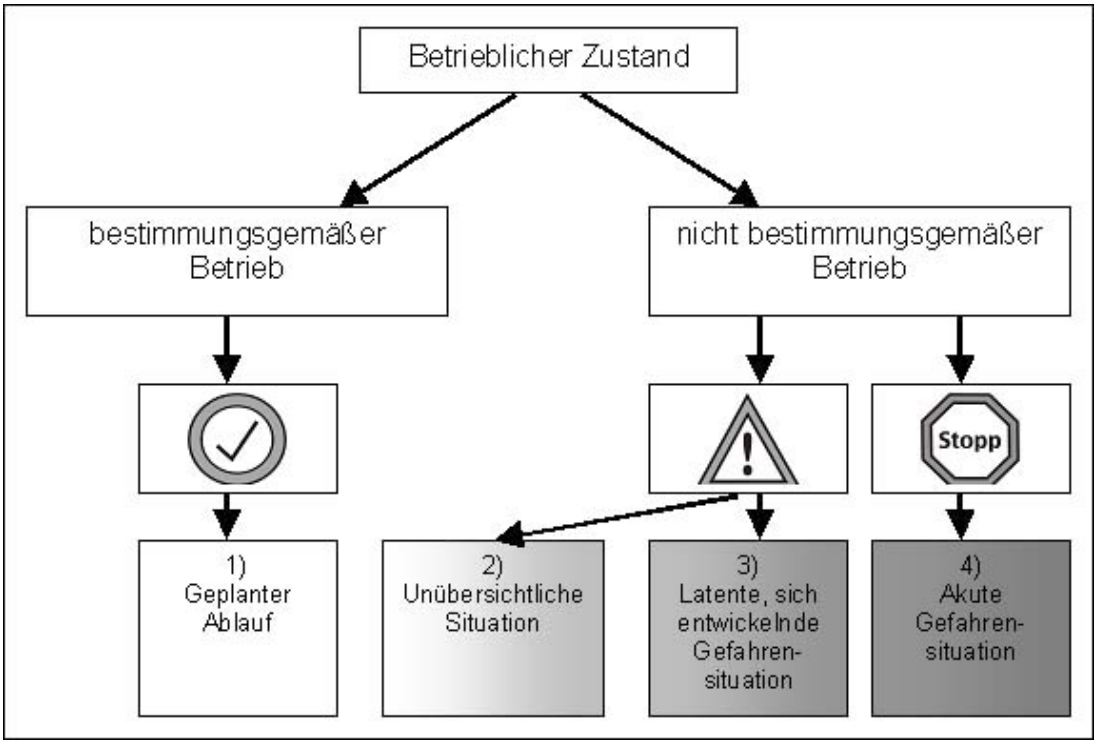


Abb. 4.1 Relevanz betrieblicher Situationen zur Definition der Anforderungen an Arbeitsunterlagen

Werden die Ausführungen herangezogen, die sich für Zustände vorkommender betrieblicher Situationen ergeben, und wie sie in der Literatur publiziert werden, so ist zu erkennen, dass hier sowohl der bestimmungsgemäße Betrieb der Anlage diskutiert wird (das betrifft hauptsächlich die Produktion) als auch den nicht bestimmungs-

gemäßen Betrieb (Störung, nicht geplante Instandsetzung, Störfall). Für diese Zustände werden sowohl Aufgaben formuliert als auch die Qualifikation von Operateuren angesprochen.
In der überwiegenden Zahl der Fälle, in denen wir die Situation in Betrieben untersucht haben, aber auch in den industriepolitischen Äußerungen der Vertreter der Industrie wird die Meinung vertreten, dass PLS in der Lage sind jeden Störfall so aufzufangen, dass die Anlage in einen ungefährlichen Zustand überführt werden kann. Dabei wird davon ausgegangen, dass nur der bestimmungsgemäße Betrieb, der in der Abbildung 4.1 als Gutbereich bezeichnet ist, relevant sein kann. Eine Großzahl von Betrieben vertritt dabei die Meinung, dass die akute Gefahrensituation (4) voll von der Anlage beherrscht wird, so dass es sogar gefährlich ist, dass Operateure hier helfend eingreifen können. Einige Betriebe lassen allerdings zu, dass für die Punkte (2) und (3) in der Abbildung 4.1, also bei einer unübersichtlichen Situation und bei der Entstehung latent gefährlicher Situationen, ein Eingreifen des Operateurs möglich sein kann. Insofern ist also auch die jeweilige Philosophie des Betriebes bezüglich der Eingriffsmöglichkeit des Operateurs in das PLS zu berücksichtigen. Aus diesem Grund wurde der nicht bestimmungsgemäße Betrieb nochmals in zwei Teile unterteilt (siehe Abbildung 4.1).

4.3 Anforderungen an Arbeitsunterlagen aus den Analysen der Aufgaben, Qualifikationen und Unterlagen

Hierfür sind die in den Kapitel 3.2 und 3.3 durchgeführten Aufgaben- und Qualifikationsanalysen von besonderer Bedeutung, da sie den Kern für die Erstellung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen bilden. Gleichzeitig wurden im Kapitel 3.4 die Umsetzung der Analyseergebnisse in Vergleich mit dem Inhalt der gesammelten Unterlagen diskutiert, um die Ergebnisse vor einen praxisnahen Hintergrund zu setzen.
So zeigt zunächst die Aufgabenanalyse im Kapitel 3.2.3.2, dass der Operateur gerade im zulässigen Fehlerbereich der Anlage am meisten Aufgaben hat. Dieser Sachverhalt spiegelt sich nicht so in den analysierten Unterlagen wider (siehe Abb. 3.12). Dass dieser Betriebszustand durchaus in der Industrie wahrgenommen wird zeigt die Abbildung 3.11, wo bei Betrieb A (Luftzerlegung) viele Unterlagen dazu vorhanden sind, da das PLS schon lange in Betrieb ist. Als gegenteiliges Beispiel ist der Be-

trieb C (Chemikalien) zu sehen in dem das PLS erst vor kurzem eingeführt wurde und in den Unterlagen nur der bestimmungsgemäße Betrieb berücksichtigt wird. Mit der Betriebszeit steigt aber auch die Erfahrung mit dem nicht bestimmungsgemäßen Betrieb. Außerdem wurden im Betrieb C die „zukünftigen“ Operateure, also Arbeitnehmer mit langjährigen Erfahrungen mit der Anlage und deren Störungen, nicht in die Konzipierung des PLS mit einbezogen.

Ein weiterer Grund warum der Betrieb A für Betriebszustände im zulässigen Fehlerbereich gut mit Unterlagen ausgestattet ist, ist die Tatsache, dass sich die Operateure hier wöchentlich über systemanalytische „Planspiele“ mit kritischen Betriebszuständen auseinandersetzen und die Analyseergebnisse in neuen Unterlagen berücksichtigt werden.

Ein weiteres wesentliches Ergebnis stellt sich im Kapitel 2.2.3.2 dar. Die Auswertung von Mängeln zeigte im Bezug auf die Dokumente, dass die fehlende Aktualisierung von Sicherheitsanalysen und mangelhafte Alarm- und Gefahrenabwehrpläne bzw. fehlende Anweisungen zu Folgemaßnahmen bei Mängeln zu Dokumenten den größten Anteil darstellen. Auch dieses Ergebnis kann durch unsere Analysen bestätigt werden und wird in den Abbildungen 3.15 und 3.16 dargestellt und diskutiert.

Durch eine kontinuierliche Aktualisierung in diesen im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb durchaus wichtigen Unterlagen (Alarm- und Gefahrenabwehrpläne) kann die Auswirkung von Schäden verhindert und eingedämmt werden. Wird eine Sicherheitsanalyse nicht umfassend durchgeführt oder ohne ausreichenden praktischen Bezug (Berücksichtigung von erfahrenen Personen) so erkennt das darauf basierende PLS möglicherweise einen kritischen Zustand nicht, da dieser bei der Analyse übersehen wurde. Wenn nun gemäß der hauptsächlich beobachteten Sicherheitsphilosophie der Unternehmen das PLS die Anlage automatisch abfahren lassen soll um menschliche Fehlbedienung zu vermeiden, entsteht eine beachtliche Sicherheitslücke. Gerade in solch einem Fall, der durchaus auch in der Industrie beobachtet werden konnte (Vgl. Mängel des PLS im Kapitel 2.2.3.2), verbleibt der Operateur als letzte Instanz und muss somit unabdingbar als Problemlösungskapazität im Betrieb gesehen und ausgebildet werden. Zur Verbesserung der Ausbildung in Bezug auf kritische Betriebszustände (lediglich die Hälfte der befragten PLS-Hersteller simulieren Störfälle) aber auch zur Anregung einer umfassenden und ständig aktualisierbaren systemanalytischen Sichtweise in den Betrieben, soll im weiteren Verlauf dieses Kapitels ein Werkzeug vorgestellt werden.

Aus den gewonnenen Ergebnissen der durchgeführten Analyse lassen sich im Weiteren von der Projektgruppe die folgenden Anforderungen für die Erstellung von Arbeitsunterlagen ableiten.
Zuerst sind die allgemeinen Anforderungen zu den Inhaltsgruppen zu nennen, denen eine Zuordnung der Unterlage zum Betriebszustand und sicherheitstechnische Angaben folgen:

- Arbeitsunterlagen sind betriebsspezifisch zu erstellen.
- Die Anforderungen müssen je nach Betriebszustand entsprechend unterschiedlich erstellt werden.
- Die Anforderungen, die von Regeln und Normen verlangt werden, müssen in den Arbeitsunterlagen enthalten sein.
- Sicherheitstechnisch notwendige Anforderungen müssen in Unterlage enthalten sein.

Weitere Anforderungen betreffen die Struktur der Arbeitsunterlage:

- Eine hierarchische Strukturierung (wie die Hierarchieebenen in dem Kapitel 3.4) für die Gesamtheit aller Arbeitsunterlagen in einem Betrieb sollte gegeben sein. Alle Unterlagen müssen mindestens innerhalb einer Hierarchieebene einheitlich aufgebaut sein und vorliegen.
- Namen der Arbeitsunterlagen müssen deutlich und unterschiedlich definiert werden.
- Die Unterlagen müssen für den Operateur sofort zugreifbar sein.
- Der Aufbewahrungsort (dazu gehört beispielsweise auch eine Datei in der Bibliothek einer Rechenanlage) muss auch unter widrigen Umständen leicht zugreifbar und zugänglich sein.

Die Datenauswertung der Ereignisse in verfahrenstechnischen Anlagen hat gezeigt, dass bei mehr als der Hälfte der Ereignisse im Nachgang der Ursachenforschung die Unterlage geändert bzw. die Unterlage überhaupt erst erstellt wurde, oft in Verbindung mit einer Schulung oder Belehrung. Insofern ist nicht nur das Vorhandensein einer Unterlage ausschlaggebend, sondern auch die Angepasstheit an die Qualifikation des Operateurs, woraus sich folgende Anforderungen ergeben:

- Unterlagen müssen so beschaffen sein, dass sie im Bezug auf die Ausbildung, Qualifikation, Intelligenz und augenblicklicher Verfassung des Operateurs sofort von diesem verstanden werden.
- Die obige Anforderung wirft die Frage auf, was die Mindestanforderung für Operateure ist, d.h. sie zieht weitere Anforderungen nach sich, die die Qualifikation als Operateur oder die Mindestanforderung dieser Qualifikation betreffen.

Die letzte Gruppe umfasst Anforderungen, die sich auf den Inhalt und die Formulierungen beziehen:

- Die Unterlagen müssen kurz und prägnant, aber verständlich formuliert sein.
- Die Unterlagen müssen auf Störfallsituationen in einer ständig von den Operateuren benutzten Umgangssprache kategorisiert sein, sodass zwischen möglicherweise diffusem Unfallbild oder Zustand der Anlage und helfenden Anweisungen eine eindeutige Beziehung hergestellt werden kann.
- Die Unterlagen müssen eine eindeutige Zuordnung zwischen Komponenten der Anlage, Zustand der Verfahrenstechnik, Abweichung vom Normalzustand und Eingriffsmöglichkeit des Operateurs herstellen. Eine lineare Wirkbeziehung auf den Anzeigen durch Schaltbilder einschließlich der dabei benutzten Farbcodierung kann in vielen Fällen nicht ausreichend sein.
- In den Unterlagen muss dem Operateur klar und verständlich dargelegt werden, wie das Zusammenspiel zwischen dem Operateur und der Anlage planungsgemäß funktioniert. Das heißt, dass dem Operateur jederzeit klar sein muss, welche Konsequenzen sein Handeln auf die (Teil-) Anlage und den Gesamtprozess hat.
- Vor aller Formulierung von Arbeitsunterlagen und Anforderungen an diese muss völlig eindeutig geklärt sein, in welchem Maße die Firmenphilosophie ein helfendes Eingreifen der Operateure erlaubt, erwünscht und definiert.
- Eine der wichtigsten Arbeitsunterlagen muss die tatsächliche Leistungsfähigkeit des PLS betreffen, verglichen mit der vom Betreiber vorausgesetzten Leistungsfähigkeit. Es hat sich bei Untersuchungen gezeigt, dass zwischen der tatsächlichen „hardware“-Auslegung und den geplanten Fähigkeiten des PLS Unterschiede auftreten (Vgl. Mängel des PLS im Kapitel 2.2.3.2).

Des Weiteren gilt zu beachten, dass der Operateur mit den Unterlagen bereits während seiner Ausbildung bzw. bei Schulungen arbeitet und mit dem Umgang im Vorfeld der Benutzung vertraut gemacht wird, ebenso wie mit dem hierarchischen Aufbau und der Struktur der Unterlagen sowie dem Aufbewahrungsort. Dies ist sicherheitstechnisch besonders relevant, da der Operateur im normalen Betrieb vielleicht die Zeit hat, in einer Unterlage nachzuschlagen, im Falle einer Störung muss er jedoch unter Zeitdruck handeln, sodass er wissen muss, was in der entsprechenden Unterlage steht, d. h. der Operateur weiß, was zu tun ist. Es reicht also nicht, zu wissen, wo sich die Unterlage befindet. Insofern sollten die Unterlagen auch für Trainingszwecke geeignet sein bzw. es sollten spezielle Unterlagen nur für diesen Zweck vorhanden sein.

4.4 Beispiele aus der Praxis

Da die aufgeführten Anforderungen bisher absichtlich allgemein gehalten wurden, sollen nun zwei Beispiele aus der Praxis folgen, die in den untersuchten Betrieben für Operateure als Arbeitsunterlage vorlagen und die sowohl von den Operateure als auch von der Projektgruppe als sehr gut bezüglich der genannten Anforderungen angesehen werden.

Als erstes Beispiel soll eine Arbeitsunterlage aus dem Betrieb D (VC) dienen. In den folgenden Abbildungen 4.2 bis 4.6 sind die Seiten einer Musterunterlage zu sehen wie sie von den Operateuren als Arbeitsanweisung benutzt wird.

Die Arbeitsunterlage ist klar gegliedert, mit einem Kopf, der Angaben zur Anlage sowie organisatorische Angaben enthält. Es folgt die Zuordnung zum Anwendungsbereich und zum Betriebszustand. Auftretende Gefahren und die zugehörigen Vorsichtsmaßnahmen werden deutlich dargestellt. Die zweite Seite enthält Angaben zu Hilfsmitteln, die zur Durchführung der Aufgabe benötigt werden. Weiterhin werden Maßnahmen aufgeführt, die vor Beginn der Tätigkeit durchzuführen sind. Des Weiteren erhält der Operateur die Angabe von möglichen Konsequenzen, die beim Abweichen von der Vorschrift auftreten können sowie eine Auflistung der entsprechenden notwendigen Schritte zur Korrektur bzw. zur Vermeidung der Abweichung.

Die folgenden Seiten 3 und 4 des Beispiels listen chronologische Abfolgen der einzelnen Arbeitsschritte auf. Diese sind auch in dieser Reihenfolge einzuhalten und

zwar zum einen für Notfallabläufe und zum anderen für kritische Tätigkeiten. Falls erforderlich werden zusätzlich Handlungseinschränkungen (Notfallablauf) bzw. Hinweise auf besondere Gefährdungen / Schutzmaßnahmen (kritische Tätigkeit) vermerkt. Die Liste für die kritischen Tätigkeiten ist als Checkliste ausgeführt mit einem entsprechenden Vermerk zur Ablage im Rahmen der Dokumentation.
Die fünfte und letzte Seite der Unterlage ist in Abbildung 4.6 dargestellt und enthält Angaben für zusätzliche Dokumente wie Fließbilder oder Datenblätter sowie einen Überblick über die Dokumentengeschichte, sodass Änderungen in diesem Dokument schnell ersichtlich werden. Am Ende ist aufgeführt durch wen und wann die Unterlage geprüft wurde.

SYSTEM MANAGEMENT DOKUMENT
EDC / VCM

File :	**Formblatt fuer Arbeitsvorschrift.doc**
Als Ausdruck : Nur gültig am Tage des Ausdruck, darüber hinaus nur mit Unterschrift.	Unterschrift :
Erstellt / Revidiert am : 16.04.03 13:32	Freigabe : siehe EDMS

Erstellt / Revidiert durch : M. Mustermann	Genehmigt : M. Mustermann am : 18.03.03

Titel eingeben

Anwendungs-bereich

Diese Vorschrift wird benutzt von _____
zum _____.

Kategorisierung der Procedures

Categories / Attributes (Operating/Other)

	Critical		Emergency		Operating		Other		Routine		Non-Routine

Gefahren und Vorsichts-maßnahmen

Die Tabelle listet Gefahren und zu treffende Vorsichtsmaßnahmen für Sicherheit, Umweltschutz, Qualität und "Good Manufacturing Practises" auf, bevor mit der Ausführung begonnen wird.
Auf besondere Gefahren und Schutzmaßnahmen kann auch in den jeweiligen Schritten hingewiesen werden.

Die Procedure Implementation Analysis (**PIA**) ist zur Unterstützung bei der Auswahl der Gefährdungen zu nutzen.

Gefährdung	Vorsichtsmaßnahme

Elektrostatische Aufladung

Besteht die Möglichkeit einer Gefährdung durch elektrostatische Aufladung?

Besteht ein Potential einer elektrostatischen Aufladung?

	Ja		**Nein**

Vorsichtsmaßnahme: Überprüfe die Notwendigkeit einer temporären Erdung.

Gefährdung	Vorsichtsmaßnahme

Abb. 4.2 Beispielunterlage aus Betrieb D, Seite 1

ABTEILUNG / ANLAGE

File :	Formblatt fuer Arbeitsvorschrift.doc

Tools, Werkzeuge und Ausrüstung

Folgende Tools, Werkzeuge und Ausrüstungen werden zur Durchführung der Arbeit benötigt.

Tools, Werkzeuge und Ausrüstung	**Nutzung** (falls Erklärung notwendig)

Maßnahmen

Vor dem Beginn der Arbeit.....

(*Auflisten aller notwendigen Maßnahmen, die vor dem Beginn der Arbeitsausführung zutreffend sind*)

Betriebsgrenzen

Auflistung allgemeiner Betriebsgrenzen, ***wenn zutreffend.***
Besondere Betriebsgrenzen (Operating Limits) können in den Schritten genannt werden.

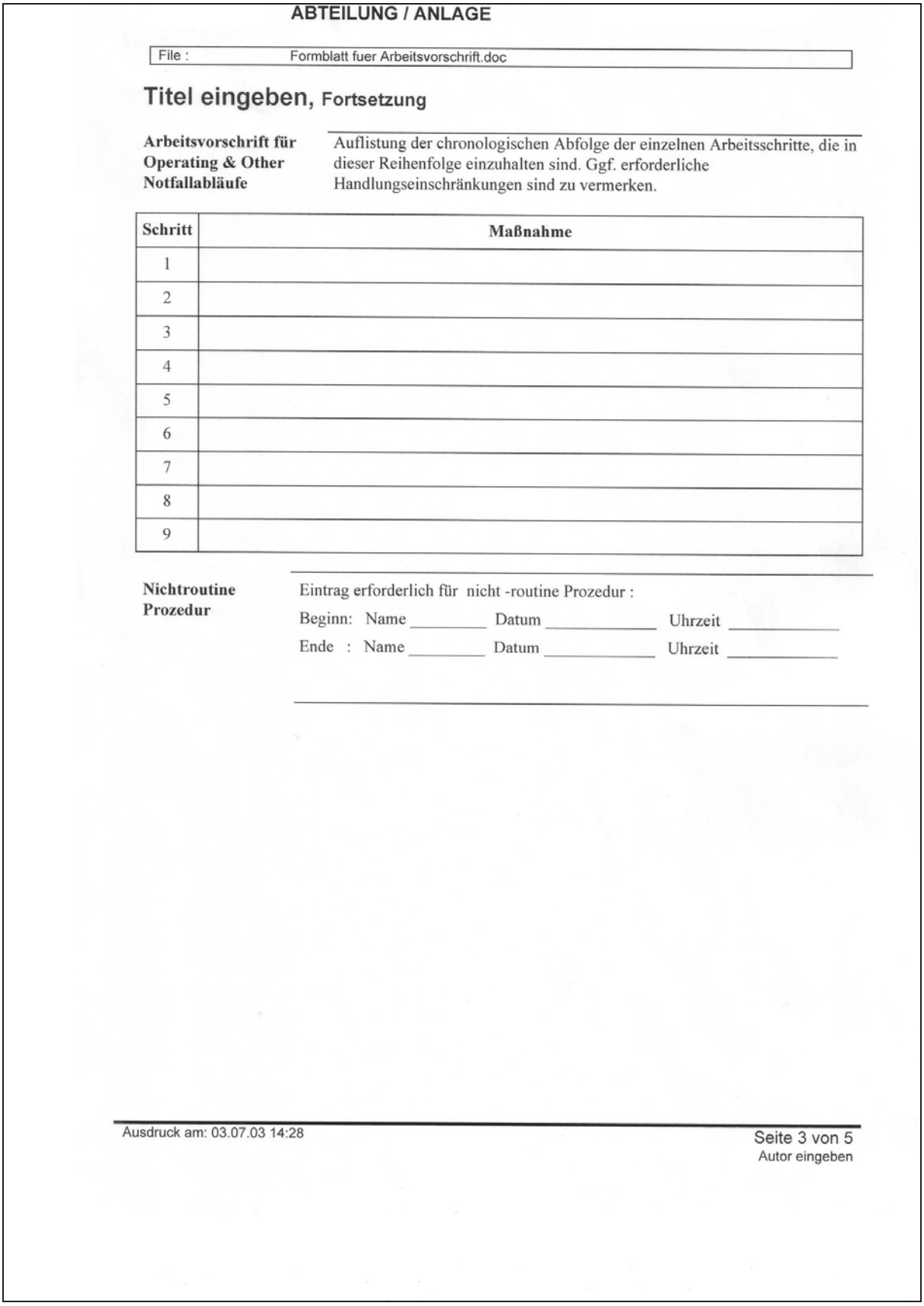
Mögliche Konsequenzen beim Abweichen von dieser Vorschrift

Auflistung der Konsequenzen die durch Abweichungen von den Prozedur Steps oder allgemeinen Prozess Grenzen erzeugt werden. ***(Wenn zutreffend)***

Notwendige Steps zur Korrektur oder Vermeidung der Abweichung sind aufzulisten.
Dies ist vorgeschrieben für Operating Procedures

Art der Abweichung	**Konsequenz und Beschreibung der Vermeidung**

Abb. 4.3 Beispielunterlage aus Betrieb D, Seite 2



ABTEILUNG / ANLAGE

File : Formblatt fuer Arbeitsvorschrift.doc

Titel eingeben, Fortsetzung

Arbeitsvorschrift für Operating & Other Notfallabläufe

Auflistung der chronologischen Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte, die in dieser Reihenfolge einzuhalten sind. Ggf. erforderliche Handlungseinschränkungen sind zu vermerken.

Schritt	Maßnahme
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

Nichtroutine Prozedur

Eintrag erforderlich für nicht -routine Prozedur :

Beginn: Name _____ Datum _____ Uhrzeit _____

Ende : Name _____ Datum _____ Uhrzeit _____

Ausdruck am: 03.07.03 14:28

Seite 3 von 5

Autor eingeben

Abb. 4.4 Beispielunterlage aus Betrieb D, Seite 3

ABTEILUNG / ANLAGE

File : Formblatt fuer Arbeitsvorschrift.doc

Titel eingeben, Fortsetzung

Checkliste für Kritische Jobs

Diese Checkliste für kritische Job enthält die Auflistung der chronologischen Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte, die in dieser Reihenfolge auszuführen (wenn nichts anderes vermerkt wird) sind. Darüber hinaus enthält sie Hinweise auf besondere Gefährdungen/Schutzmaßnahmen.

Bemerkung: Ein Stern (*) in der Namenspalte bezeichnet einen kritischen Punkt, der mit Namenskürzel versehen werden muß.

Schritt	Maßnahme	Gefährdung / Schutzmaßnahme	Name
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Dokumentation

Die ausgefüllte kritische Checkliste ablegen in _____

Datum: _____ Unterschrift: _____

Abb. 4.5 Beispielunterlage aus Betrieb D, Seite 4

ABTEILUNG / ANLAGE

File : Formblatt fuer Arbeitsvorschrift.doc

Titel eingeben, Fortsetzung

Zusätzliche Dokumente z.B. Fließbilder, Datenblätter, Prozeßbeschreibungen usw.

MOC Bei Nutzung des Tools :

MOC Nr. Genehmigungsdatum :

Dokumenten-geschichte Die folgenden Informationen dokumentieren mindestens die letzten 3 Änderungen zu diesem Dokument sowie alle Änderungen der letzten 6 Monate.

Datum	Revidiert von	Änderungen

Überprüfung in der Praxis Diese Arbeitsvorschrift wurde geprüft durch:

(Name) (Datum)

Abb. 4.6 Beispielunterlage aus Betrieb D, Seite 5

Das beschriebene Beispiel diente als Darstellung für eine Arbeitsunterlage, die ein Operateur bei seiner Tätigkeit einsetzt, um bei der Durchführung der Aufgabe unterstützt zu werden.

Als nächstes Beispiel soll eine Unterlage dienen, die zum Zweck des Trainings von den Operateuren erstellt wird.

Im Betrieb A (Luftzerlegung) findet wöchentlich eine sicherheitstechnisch relevante Gruppenarbeit auf Grundlage der AEA-Methode statt, die UMEA (Unfallmöglichkeiten erkennen und auswerten). Die Operateure suchen sich eine kritische Situation heraus, analysieren diese und leiten die richtigen Reaktionen und Maßnahmen ab. Die Ergebnisse werden nochmals diskutiert und dokumentiert. Diese kritischen Situationen leiten die Operateure auf Grund ihrer Erfahrung ab oder weil sie so schon aufgetreten sind oder sie erörtern fiktive mögliche Ereignisse. Das Personal beschäftigt sich somit regelmäßig mit kritischen Zuständen, was die fehlende Praxis und Unterlagen in Extremsituationen ergänzen soll. Diese Methode hat sich positiv ausgewirkt, was die Berücksichtigung der kritischen Betriebszustände in den Unterlagen beweist (vgl. Abbildung 3.12), zusätzlich wird das geforderte hohe Maß an Methodenkompetenz (vgl. Abbildung 3.8) der Operateure im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb durch solche Übungen gefördert.

In der Abbildung 4.7 sind zwei Beispiele dieser UMEA-Analyse dargestellt.

Umea
Technische Gase

August 2002

Tätigkeitsgruppe Tätigskeitselement	Mögliche (r) Ereignis/Fehler	Mögliche (r) Fehlerursachen/ Fehler	Mögliche Folgen des Fehlers	derzeitiger Zustand Verhütungs und Prüfmaßnahmen	empfohlene Verbesserungs-maßnahmen	Termin
Trailerbefüllung, Eingabe der Fahrzeugdaten und Lieferscheinerstellung	Falsch Eingabe der Fahrzeugdaten durch Ablesefehler. Fehler bei der Aktualisierung der Liste	Falsche Lieferschein-erstellung	Finanzieller Verlust	Kontrolle mit der selbstgefertigten Trailerliste.	Endlich Fertigstellung des „Waageprogram". Die Trailerabfüllung ist immerhin 1 Jahr in Betrieb!	

Umea
Technische Gase

September 2002

Tätigkeitsgruppe Tätigskeitselement	Mögliche (r) Ereignis/Fehler	Mögliche (r) Fehlerursachen/ Fehler	Mögliche Folgen des Fehlers	derzeitiger Zustand Verhütungs und Prüfmaßnahmen	empfohlene Verbesserungs-maßnahmen	Termin
Alarmierungen die noch aus der Zeit der Programmierung stammen	Häufiges Auftreten von Alarmen in der Trailerabfüllung.	Alarme wurden bei der Programmierung der Steuerung verwendet um den Ablauf der Steuerung zu visualisieren.	Falsche Reaktion durch Unmengen von Fehlalarmen, übersehen von echten Störungen	Aufnahme der Alarme durch Herr Muster und Herr Mann in eine Liste	Programmieren der Liste in die Steuerung	

Abb. 4.7 Beispielunterlagen aus Betrieb A

4.5 Musterarbeitsunterlage

Durch eine Zusammenfassung aller genannten Anforderungen, der Beispiele aus der Praxis sowie unter Einbezug der Kriterien, die für die Analyse der Arbeitsunterlagen in Kapitel 3.4 verwendet wurden, kann ein Muster einer Arbeitsunterlage vorgestellt und näher erläutert werden. Die Abbildung 4.8 zeigt die Musterarbeitsunterlage.

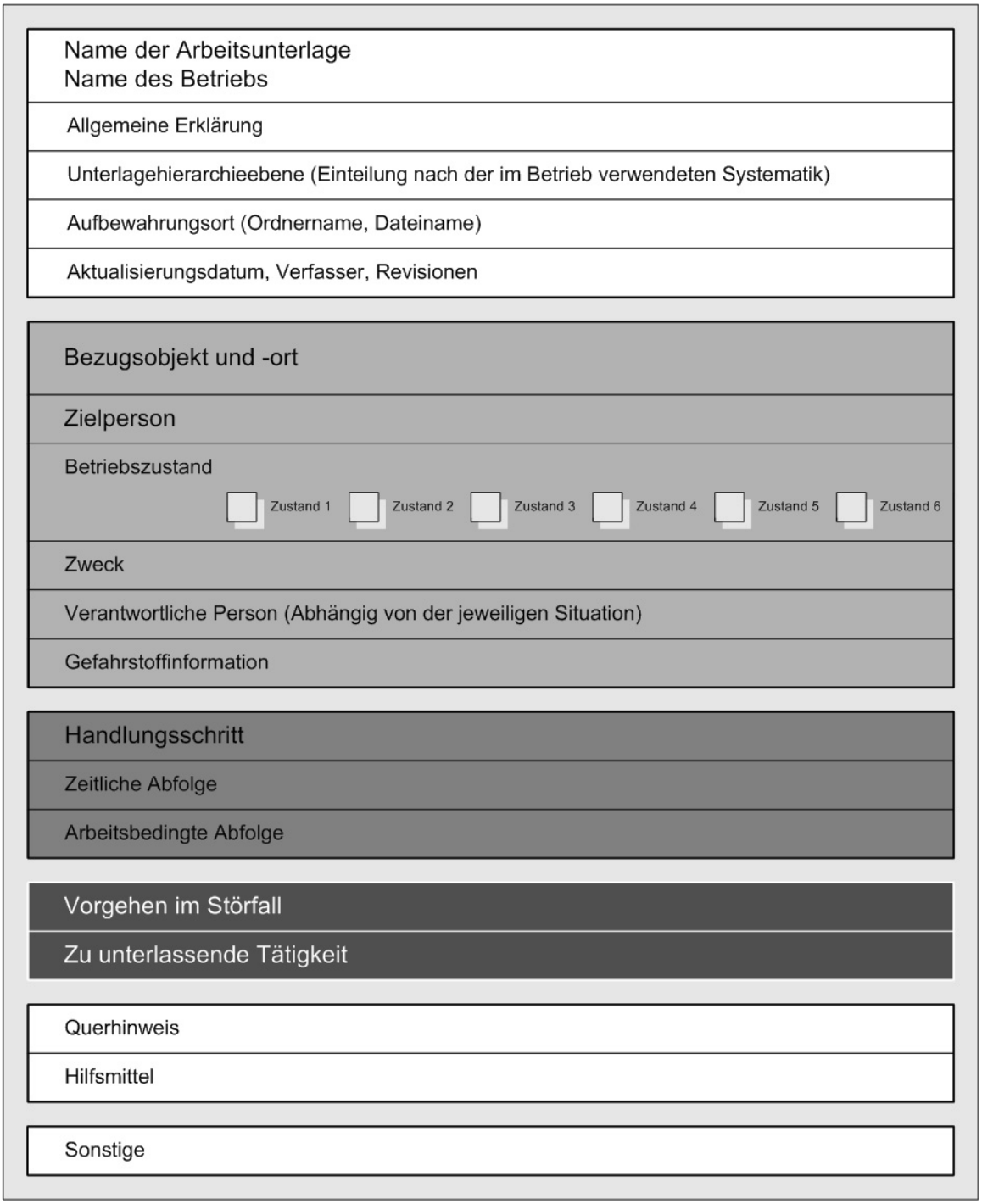


Abb. 4.8 Muster für Arbeitsunterlage

Beim Unterlagenmuster in der Abbildung 4.8 wurden die inhaltlich und organisatorisch wichtigen Anforderungen in einer frei erweiterbaren Form untergebracht. Diese Musterunterlage ist für die Unterlageebene III (siehe genaue Angabe zu Unterlageebene in Kapitel 3.4) bestimmt, weil die Arbeitsunterlage dieser Ebene direkt arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogen ist und dadurch am ausführlichsten sein muss. Diese Musterunterlage besteht aus 6 unterschiedlichen Teilen:

- Erster Teil für die Orientierung
- Zweiter Teil für den Überblick über die mit der Unterlage verbundene Betriebssituation
- Dritter Teil für die Handlungsschritte, die der Operateur zeitlich und / oder arbeitsbedingt schrittweise durchführen muss
- Vierter Teil für das sicherheitsrelevante störfallbedingte Vorgehen bzw. zu unterlassenen Tätigkeiten
- Fünfter Teil für die Querhinweise und Hilfsmittel, die der Operateur mitberücksichtigen sollte und die dem Operateur zur Verfügung stehen für die erfolgreiche Durchführung der Aufgaben
- Sechster Teil für die zusätzlichen Bemerkungen

Der detaillierte Inhalt für die Arbeitsunterlage muss von den einzelnen Betrieben nach den oben genannten Kriterien unter Berücksichtigung der betriebsspezifischen Gegebenheiten erstellt werden.

4.6 Strukturelle Anforderungen an Arbeitsunterlagen

Dieses Projekt hat in Bezug auf die Anforderungen an Operateure von verfahrenstechnischen Anlagen, die mit PLS betrieben werden, aber auch an die Arbeitsunterlagen für diese Operateure eine konflikthafte Situation zu Tage gefördert.
Auf der einen Seite geht die chemische Industrie davon aus, dass PLS gesteuerte Anlagen sicher sind, dass in der überwiegenden Zahl der Fälle Operateure der Eingriff bei sich abzeichnenden kritischen Situationen verwehrt werden sollte, da nicht sicher sei, dass ein heilender Einfluss erzeugt wird und dass die Anlage automatisch in einen sicheren Zustand überführt und abgeschaltet werden soll. Der nicht bestimmungsgemäße Betrieb, also der Betrieb, der nicht dem normalen Produktionszyklen entspricht und zu akuten Gefahrensituationen führen kann, wird also nach überwie-

gender Meinung der chemischen Industrie dadurch bewältigt, dass das PLS die Anlage automatisch in einen sicheren Zustand überführt.

Auf der anderen Seite steht dem die Tatsache gegenüber - wie im ersten Kapitel ausgeführt - dass das Risiko für Störfälle in diesen nichtnormalen Betriebszuständen, durch Untersuchungen nachgewiesen, ca. 20 mal größer ist als im bestimmungsgemäßen Betrieb. Ca. 95 % aller Störfälle - bezogen auf die spezifische Zeit - ereignen sich bei nichtnormalen Betriebszuständen (NNB).

Eine der Schlussfolgerungen aus diesem Forschungsvorhaben ist die Feststellung, dass der größte Gewinn an Risikominderung bei PLS-Anlagen nicht durch detaillierte oder bessere Arbeitsunterlagen für den automatisierten Betrieb erreicht wird, sondern durch ein Kreativitätstraining der Operateure für den Betrieb der nichtnormalen Betriebszustände. Diese Betriebszustände sind zwar regelgebunden lassen sich aber in der Störfallproblematik selten durch vorher eintrainierte Standardverfahren beherrschen. Erst an zweiter Stelle der Risikobewältigung kommt die Verbesserung der Arbeitsunterlagen.

Dieser konträre und konflikthafte Sachverhalt kann nicht ohne Einfluss auf die Anforderungen an die Operateure aber auch nicht auf die von Arbeitsunterlagen bleiben.

Ein erster Schritt zur Lösung dieses Problems muss die Erkenntnis sein, dass die PLS aus ihrer Konstruktion und Definition heraus nur teilweise die NNB steuerungstechnisch abdecken. Das liegt daran, dass die Zustände von PLS nur teilweise oder überhaupt nicht bewältigt werden können. Das hat technische aber auch prognostische Gründe. Es entsteht also eine Lücke zwischen der Betriebsweise und dem PLS-Design. Damit wird den Operateure eine eigenständiger Sicherheitsfunktion zugewiesen, die sie in den Philosophien vieler PLS-Anlagen nicht haben. Die Operateure müssen, ob man das wahr haben will oder auch nicht, eine eigenständige Funktion als Sicherheitsresource haben.

In dieser Funktion müssen sie bestärkt und trainiert werden. Darüber hinaus müssen dann die Arbeitsunterlagen, die diese eigenständigen Operateure unterstützen so gestaltet sein und solchen Anforderungen gerecht werden, dass sie die „heilende“ Rolle der Operateure unterstützen können. Daraus erhebt sich die Frage, welche Art von Unterstützung braucht ein Operateur, um eine Situation die auch definitionsgemäß nicht vorher gewusst und programmiert ist (denn sonst wäre sie im PLS oder der Automatisierung berücksichtigt worden) bewältigen zu können.

Der Operateur wird durch einen Sensor auf einen unerwünschten Parameterbereich oder Zustand aufmerksam gemacht. Die Schlüsselfunktion ist jetzt zu erkennen, welche Verbindungen und Auswirkungen diese Information haben kann. Der Operateur braucht also in einem dicht gefügten Netz von Verknüpfungsoperationen die Information, welche anderen Komponenten und Bereiche beeinflusst werden, von denen er dann abschätzen kann, ob sie zu einer kurz- oder mittelfristigen Gefahr führen könnte. Diese Art der Anforderung ist aus der Systemanalyse bekannt. Hierfür wird die Matrizenmethode eingesetzt. Sie ist ideal für den hier vorliegenden Sachverhalt einzusetzen. Aus diesem Grund soll hier als Unterstützung des Operateurs eine Matrix vorgestellt werden, mit dem sich der Operateur unabhängig vom Ausgangspunkt in jedem Anlagenteil schnell einen Überblick über sicherheitsrelevante benachbarte Anlagenteile und Komponenten betrachten kann. Dieser Sachverhalt ist in Bild 4.10 dargestellt, wobei die Zeilen und Spalten die Komponenten und die Teilmatrizen verschiedene Unterbereiche darstellen.

Ein weiteres Problem ist, wie es auch in den Betrieben beobachtet wurde, die gerade passende Arbeitsunterlage zu bestimmen, da eine Vielzahl von Unterlagen im Betrieb vorhanden sind. Hierfür wird eine Vorgehensweise vorgeschlagen.

So schlagen wir vor zwei Matrizen im PLS als Hilfsmittel zu hinterlegen, die ständig durch die Bediener erweiterbar sein sollten. Eine Matrix zur Komponentenverknüpfung wie oben dargestellt und eine weitere Matrix zur Verknüpfung der Unterlagen.

Werden gleichzeitig dann in dem Betrieb durch die Operateure zu Schulungszwekken System- und Sicherheitsanalysen durchgeführt, so kann die Matrix zu den Komponenten als Hilfsmittel eingesetzt werden und gleichzeitig könnten dadurch Unterlagen zu bisher nicht betrachteten Zuständen über die Matrix zu den Verknüpfungen der Unterlagen unter Berücksichtigung der Unterlagenhierarchie aufgefüllt werden. In der Abbildung 4.9 wird das Funktionsprinzip der Matrizen dargestellt, eine detaillierte Darstellung anhand der Komponentenverknüpfungsmatrix erfolgt dann in der Abbildung 4.10.

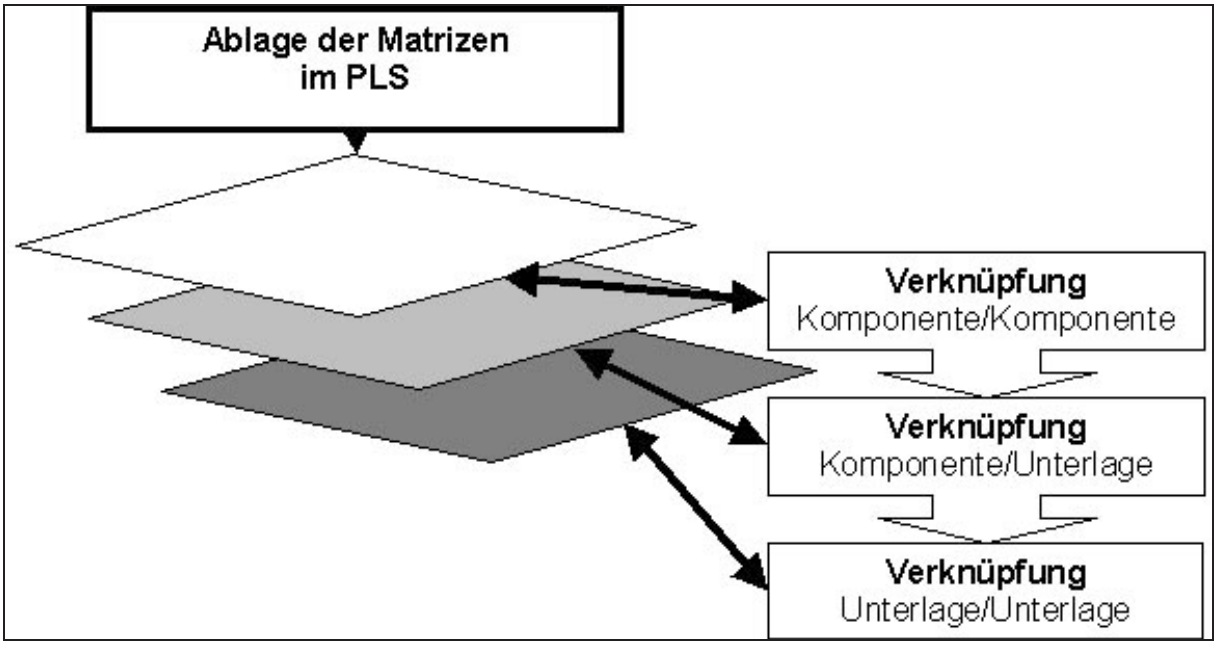


Abb. 4.9 Hinterlegung der Matrizen im PLS

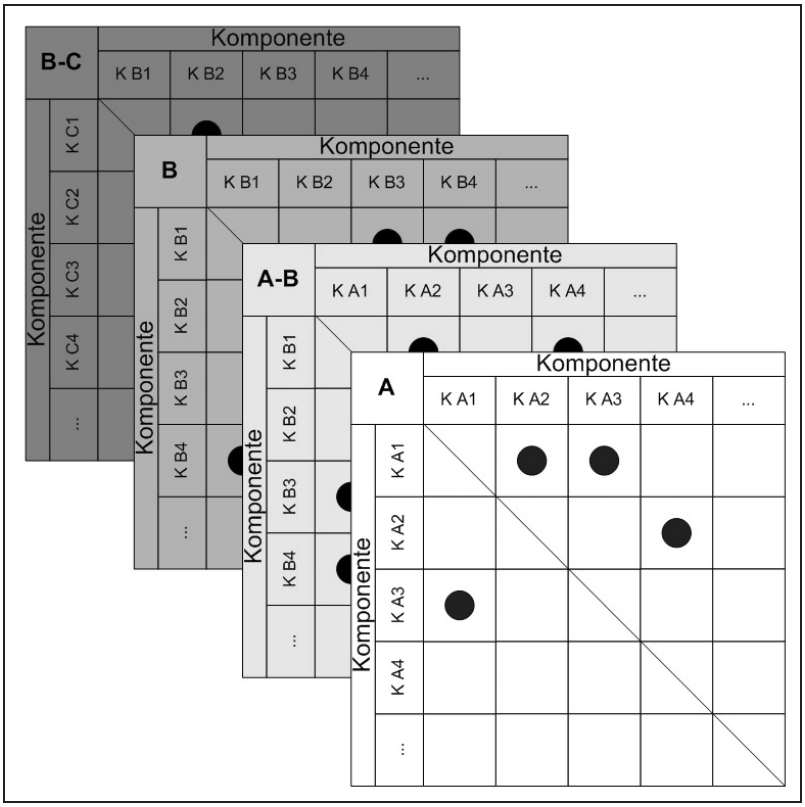


Abb. 4.10 Relationsmatrix für die sicherheitstechnisch relevante Zusammenhang aller Komponenten in der Anlage

In der Abbildung 4.11 wird erklärt, wie eine Unterlage aufgefunden werden kann: An einer Anlagekomponente (K1) wird eine Aufgabe, die gerade durchgeführt werden

soll, einem Betriebszustand zugeordnet. Zu jeder Aufgabe wird dann eine Arbeitsunterlage bestimmt, die der Operateur benutzen kann, falls er bei der Durchführung dieser Aufgabe im Zweifel ist. Der Weg von der Komponente (K1) zur Arbeitsunterlage (AU1) ist durch die hervorgehobenen schwarzen Pfeile kenntlich gemacht. Parallel dazu kann eine Komponente je nach einem Betriebszustand mit einer anderen Komponente (Bezugsobjekt K2-1) verbunden sein, die eine sicherheitstechnisch relevante Auswirkung bekommen kann. Der Operateur bekommt auch dabei die Informationen dafür, welche weiteren Komponenten für die Situation noch relevant sind und welche Unterlagen dazu benötigt werden, da auch das Bezugsobjekt (K2-1) zu einer Aufgabe und damit zu einer Unterlage führt. Diese Zusammenhänge sollen rechnergestützt als Relationsmatrix, am besten direkt im PLS, hintergelegt sein. Ein konkretes Beispiel wird in der Abbildung 4.12 erläutert.

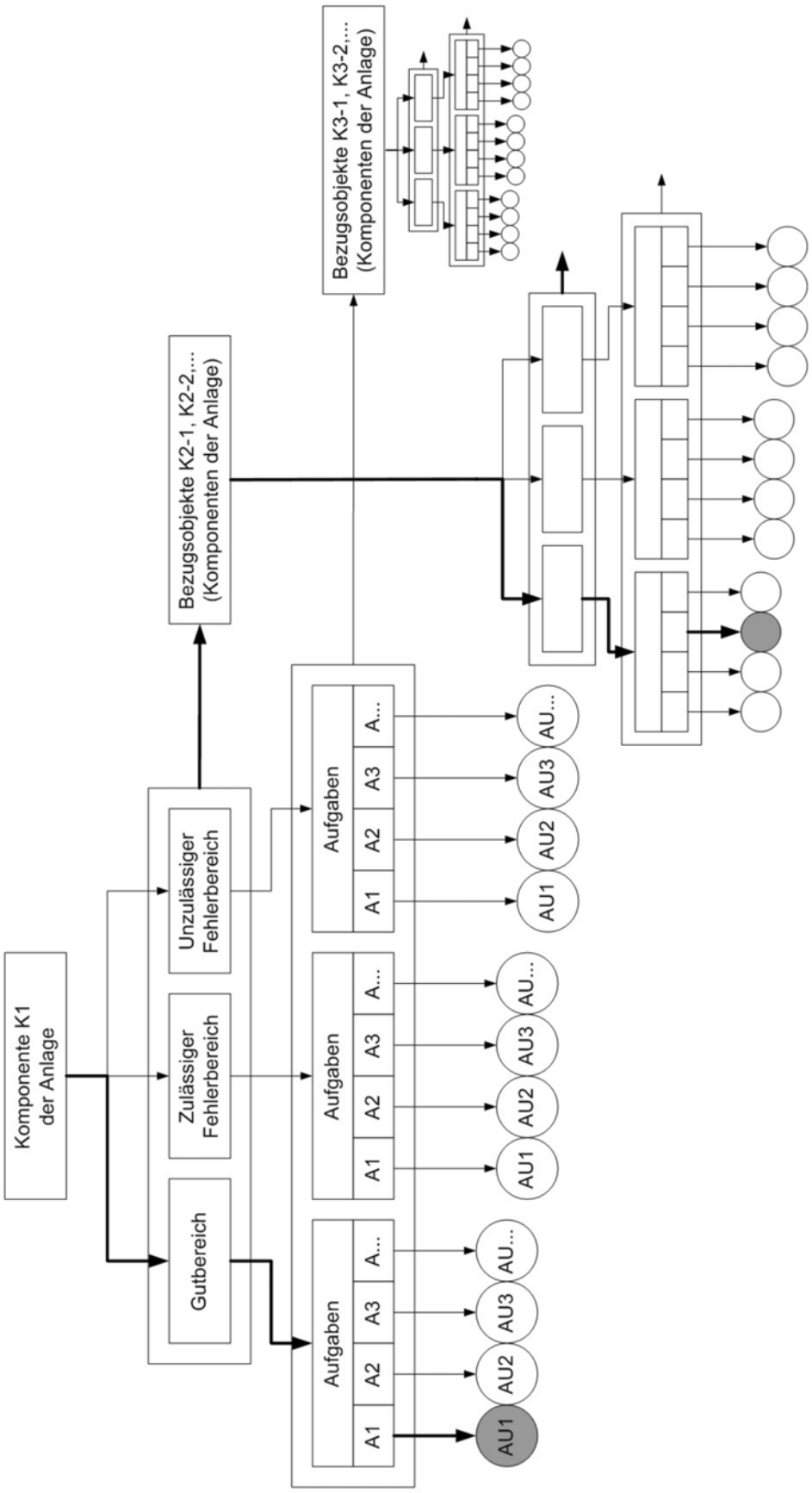


Abb. 4.11 Funktionsprinzip der Matrix für Aufstellung der nötigen Arbeitsunterlage

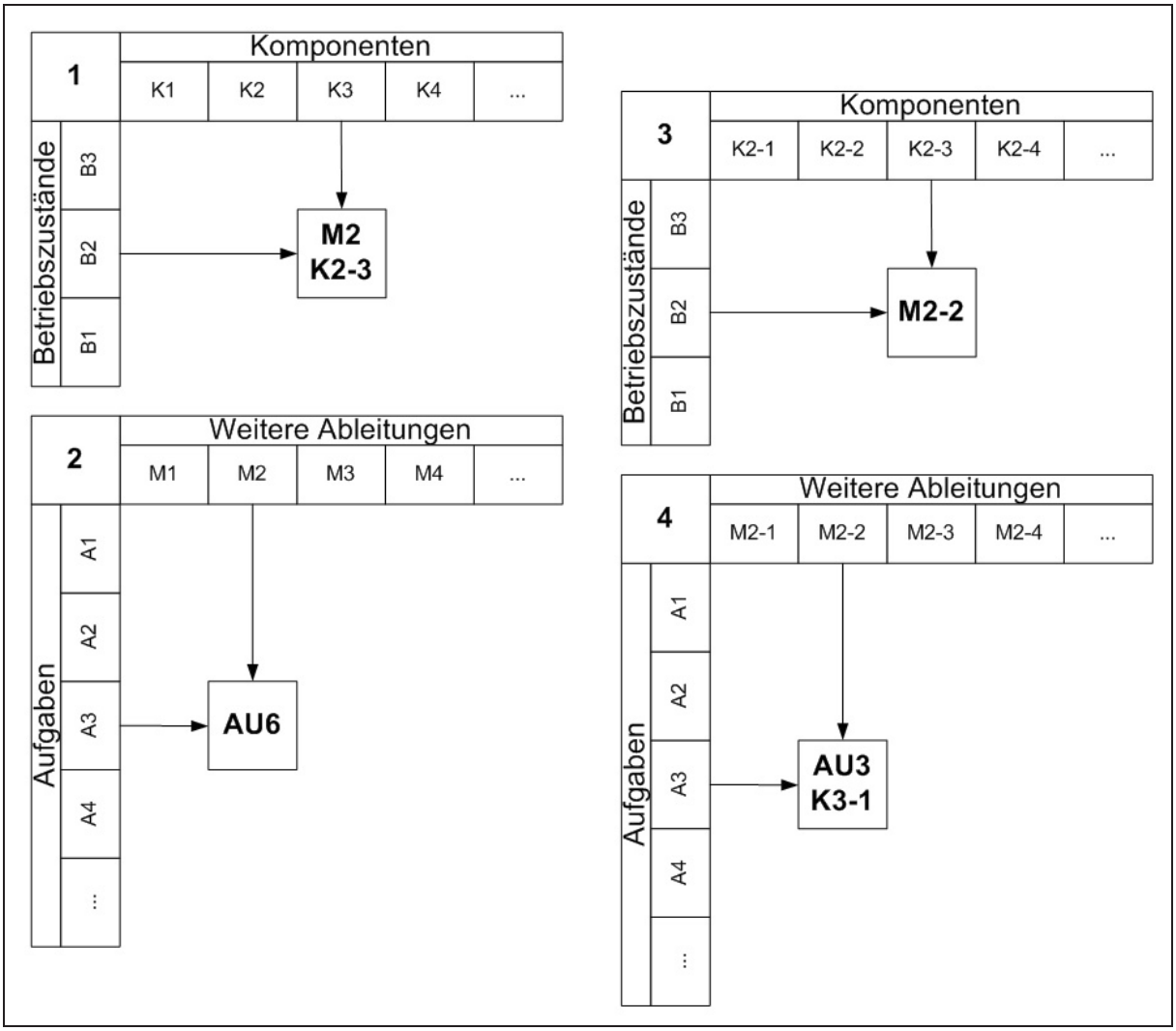


Abb. 4.12 Bestimmung der nötigen Arbeitsunterlage durch die im PLS integrierte Relationsmatrix

Das Beispiel in Bild 4.12 lässt sich wie folgt beschreiben: Durch die Relationsmatrix 1 wird von der Zielkomponente K 3 und dem Betriebszustand B 2 eine weitere Ableitung M 2 in die weitere Relationsmatrix 2 und eine weitere Bezugskomponente K 2-3 bestimmt. Die Ableitung M 2 bestimmt mit der Aufgabe A 3 die in einer gegebenen Situation nötige Arbeitsunterlage AU 6.

Die von der Relationsmatrix 1 bestimmte weitere Bezugskomponente K 2-3 wird bei der Relationsmatrix 3 weiter geleitet. Durch diese kann wieder eine Ableitung M 2-2 in eine weitere Relationsmatrix 4 bestimmt werden, wofür sich wiederum in der Relationsmatrix 4 die nötige Arbeitsunterlage AU 3 und eine weitere Bezugskomponente K 3-1 ergibt. Durch diese Vorgehensweise werden die Arbeitsunterlagen, die zu der gerade z. B. auf dem PLS-Bildschirm mit einem Alarm blinkenden Komponente gehören, bestimmt und dem Operateur automatisch mitgeteilt.

Abschließend kann zu diesem Abschnitt 4.6 gesagt werden, dass die heutige verfahrenstechnische PLS-Philosophie lückenhaft ist und nicht alle gefährlichen Zustände abdeckt und auch gar nicht abdecken kann. Das muss zur Kenntnis genommen werden. Obwohl es nicht Ziel und Inhalt des Projektes ist, stellen wir die Forderung auf die Philosophie zu ändern. Damit ergibt sich die zweite Forderung, dass die Anforderung an die Qualifikation der Operateure erweitert werden muss. Diese Qualifikation muss nicht nur ausreichend regel- und wissensbasiert sein, sondern sie braucht eine „kreative“ Komponente, da, wie die Erfahrung zeigt, nicht vorhersehbare Zustände auftreten. Diese beiden Sachverhalte erzeugen dann neue Anforderungen an Arbeitsunterlagen, die in Abschnitt 4.6 spezifiziert sind. Wir sehen, dass hier ein Sachverhalt angesprochen ist, der über die inhaltliche Definition dieses Projektes hinausgeht. Die Erfahrung an die Praxis zeigt allerdings, dass die Sicherheitstechnik sich diesem Thema stellen muss.

In diesem Kapitel erfolgte die Ermittlung der allgemeinen Anforderungen an die Arbeitsunterlagen nach der Analyse der Aufgaben, der Qualifikationen (inkl. Ausbildung), und den Betriebszuständen. Darauf und auf die Kriterien der Auswertung der Arbeitsunterlagen aufbauend wurde eine Unterlagenhierarchie vorgeschlagen. Außerdem spiegeln sich die Analysekriterien bei den inhaltlichen und formalen Anforderungen wieder. Als Hilfe für die Umsetzung der Anforderungen an die Arbeitsunterlagen in die Praxis wurden zwei „best practice“ Beispiele vorgestellt und eine Musterunterlage erstellt. Für die Unterstützung des PLS-Operateurs bei der Nutzung der Arbeitsunterlagen wurde die Erstellung einer Matrix vorgeschlagen, die es ermöglicht die Abhängigkeiten zwischen den Komponenten, dem Betriebszustand sowie der Aufgabe zu der Arbeitsunterlage herzustellen. Die Integration der Matrix im PLS bietet dem Operateur einen schnellen Zugriff zum Erkennen von Abhängigkeiten bei auftretenden Problemen oder Störungen bzw. führt direkt zu richtigen Arbeitsunterlage, sodass evtl. Schäden vermieden werden können, was einen großen Sicherheitsgewinn bedeutet, da besonders in kritischen Situationen ein schnelles Handeln vom Operateur gefordert ist.

5 Zusammenfassung

Arbeitsunterlagen müssen für planbare Anlagen- und Prozesszustände (z. B. An- und Abfahren, Normalbetrieb) anders aussehen, als die für den nicht in allen seinen Details vorhersehbaren Nichtnormalbetrieb (nicht geplante Instandhaltung, Betriebsstörungen und Störfall). Eine Beschränkung bei den Arbeitsunterlagen auf den Normalbetrieb würde einen Kernbestandteil der Problematik außer Acht lassen. Allein Wartungsarbeiten nehmen nur ca. 5 % der Betriebszeit ein, jedoch geschehen in dieser Zeit ca. 80 % der Unfälle wie aus Befragungen in der chemischen Industrie und Untersuchungen zu Ereignissen (Unfällen) eindeutig hervorging.
Aus der Analyse ergab sich, dass die zeitliche Verteilung der normalen und nicht normalen Betriebszustände im statistischen Durchschnitt 9:1 beträgt, dass heißt, dass sich eine Anlage im Jahr zu ca. 90 % der Gesamtlaufzeit im normalen Produktionsprozess befindet. Das Ergebnis aus den Untersuchungen zeigt, dass sich im Normalbetrieb in einer Anlage zwischen 20 % und 40 % aller Störfälle ereignen, oder anders ausgedrückt zwischen 60 % und 80 % aller Störfälle ereignen sich in den nicht normalen Betriebszuständen. Wird jetzt allerdings berücksichtigt, dass Normalbetriebszustände ca. 90% der Betriebszeit überdecken, so zeigen die Ergebnisse, dass das Risiko für nicht normale Betriebszustände auf die Zeiteinheit bezogen ca. 10- bis 20-fach größer ist als für Normalbetriebszustände. Dies muss auch bei den Anforderungen an Arbeitsunterlagen berücksichtigt werden.

Vor dem Beginn der Betriebsanalysen wurden verschiedene Informationsquellen in Bezug auf Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operateure ausgewertet.
Dabei wurde zunächst das Steuerungskonzept von Prozessleitsystemen (PLS) untersucht. Dazu wurden drei Bereiche für die Betriebszustände identifiziert: der Gutbereich, der zulässige Fehlerbereich und der nicht zulässige Fehlerbereich. Eine Umfrage bei PLS-Herstellern ergab, dass zwar in ca. 90 % der Fälle auf den nicht zulässigen Fehlerbereich Bezug genommen wird, bei Simulationen zur Anlagensteuerung jedoch nur zu 50 % auf diesen Bereich eingegangen wird. In diesem Zusammenhang wurden auch Ereignisse und Erfahrungsberichte über die Prüfung der Sachverständigen nach § 29a Abs. 1 BImSchG, die im direkten Zusammenhang mit der Anlagensteuerung und dem PLS standen, auf Hinweise zu Fehlerquellen untersucht. Von

besonderem Interesse waren dabei die Fehler, die durch die PLS hervorgerufen wurden sowie Unfälle, die auf mangelhafter oder fehlender Dokumentation beruhen. Eine Betrachtung der Branchen Energie und Chemie ergab, dass die Mängel bezüglich der Dokumentation am stärksten im Bereich der Aktualisierung der Sicherheitsanalyse und anderer Dokumente so wie im Fehlen von Betriebsanweisungen für Folgemaßnahmen liegen. Betrachtet man die Mängel der PLS, so sind dies Fehler bei der Umsetzung der PLS.

Die Betriebsanalysen erfolgten in fünf Betrieben, die sich sowohl von der Größe (Mitarbeiterzahl, Umsatz), der Betriebsarten (kontinuierlich, diskontinuierlich) als auch von den verwendeten Prozessleitsystemen (Art, Aufbau, Alter) unterscheiden. Dabei handelt es sich um vier Chemiebetriebe sowie einen Energieversorger. Im Gegensatz zu den Chemiebetrieben sind Störungsbeseitigungen bei der Energieversorgung häufiger von den Operateuren abzuarbeiten. Der nicht bestimmungsgemäße Betrieb spielt hier also eine größere Rolle.

Um die Tätigkeiten zu ermitteln, für die Arbeitsunterlagen vorrangig eine hilfreiche Unterstützung für den Operateur leisten können, wurden anschließend die Aufgabenfelder von Operateuren analysiert. Es konnten 36 verschiedenen Aufgaben aus der Literatur und durch die Betriebsbegehungen identifiziert werden, die sich zu 10 Aufgabendefinitionen zusammenfassen lassen: die Überwachung, die Inbetriebnahme/Außerbetriebnahme, das Regeln/Steuern (Soll/Ist-Abgleich), Eingriff in Prozess- und Verfahrensparameter, Bedienung nach Unterlage, Protokollierung, Koordination mit den Außenoperatoren, Koordination in der Warte, Alarmierung nach Plan und die Einarbeitung neuer Operateure. Diese Aufgabendefinitionen lassen sich wiederum grob in 4 Aufgabenfelder zusammenfassen: Überwachung, Bedienung, Kommunikation/Koordination und Ausbildung. Diese Aufgabenfelder wurden den vorher identifizierten Betriebszuständen zugewiesen. Es konnte festgestellt werden, dass im zulässigen Fehlerbereich, die meisten Aufgaben vom Operateur ausgeführt werden müssen. Die Steuerung durch den Operateur nimmt im kritischen Zustand ab, weil das PLS meist so ausgelegt ist, dass die Anlage automatisch heruntergefahren wird um unterstellte Bedienungsfehler zu vermeiden.

Des Weiteren wurde die geforderte und tatsächliche Qualifikation der Operateure sowie deren Einfluss auf die Arbeitsunterlagen untersucht. Dabei wurde eine Einteilung in Fachkompetenz (Fachwissen), Methodenkompetenz (Umsetzung des Fachwissens) und die Sozialkompetenz (Einfügen in das soziale Gefüge des Betriebes) vorgenommen. Bezüglich der Fach- und Methodenkompetenz konnte für den bestimmungsgemäßen Bereich in den Betrieben ein hohes Niveau geprägt durch spezielle Ausbildung, Schulung und Einarbeitungsphasen der Operateure festgestellt werden. Die Kompetenz der Operateure in diesem Bereich wurde durch das Ausführen von Außenarbeiten an der Produktionsanlage gefestigt. Der nicht bestimmungsgemäße Betrieb wurde nur in 2 der 5 untersuchten Betriebe am Simulator und in Sicherheitsgesprächen trainiert. Dies bedeutet, dass für Arbeitsunterlagen zu Tätigkeiten im bestimmungsgemäßen Betrieb von einem hohen Niveau an Wissen und Verständnis ausgegangen werden kann, während der Operateur beim nicht bestimmungsgemäßen Betrieb verstärkt Unterstützung benötigt.

Nachfolgend wurden die bereits in den Betrieben vorhanden Arbeitsunterlagen ermittelt sowie deren Defizite und positive Beispiele identifiziert. Die 226 gesammelten verschiedenen Unterlagen wurden mittels einer hierarchischen Arbeitsunterlagensystematik nach Sicherheitsrelevanz eingeteilt: Unterlagen mit Sicherheitsrelevanz (z. B. Arbeitserlaubnis), Produktionsunterlagen (z. B. Beschreibung der Anlage) und allgemeine Unterlagen (z. B. Verzeichnisse). Die vorhandenen Unterlagen wurden darauf nach 10 formellen Kriterien bewertet. Bei der Bewertung war eine mangelnde Sortierung der Unterlagen als häufigstes Defizit auffällig.

Die Untersuchung, wie die Betriebszustände in den Unterlagen berücksichtigt wurden, ergab, dass in nur zwei von fünf Betrieben der zulässige Fehlerbereich abgehandelt wird, obwohl die Operateure hier die meisten Aufgaben abzuarbeiten haben. Eine weitere Tendenz ist, dass umso länger das PLS im Betrieb umgesetzt ist, desto mehr finden der zulässige und der unzulässige Fehlerbereich Berücksichtigung in den Unterlagen. Wenn das PLS neu eingeführt wurde, wird in den Unterlagen offensichtlich nur vom bestimmungsgemäßen Betrieb ausgegangen. Generell kann gezeigt werden, dass der nicht bestimmungsgemäße Betrieb im Vergleich zu seiner risikorelevanten Bedeutung kaum in den untersuchten Arbeitsunterlagen berücksichtigt wird.

Unter Berücksichtigung von geeigneten Beispielen aus den Betrieben sowie unter Einbezug der Kriterien der Arbeitsunterlagenanalyse wird mit Hilfe der ermittelten Anforderungen das Muster einer Arbeitsunterlage vorgestellt.
Abschließend wird eine im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelte Matrix vorgestellt, um den Operateur in seiner Funktion als Sicherheitsressource zu bestärken und zu trainieren. Mit der im PLS hinterlegten Matrix kann sich der Operateur unabhängig vom Ausgangspunkt in jedem Anlagenteil schnell einen Überblick über sicherheitsrelevante benachbarte Anlagenteile und Komponenten und deren möglichen Verhalten verschaffen. In einer zweiten Matrix findet der Operateur dann die zugehörige Unterlage. Diese Matrizen sollten ständig durch die Bediener erweiterbar sein. Werden gleichzeitig dann in dem Betrieb durch die Operateure zu Schulungszwecken System- und Sicherheitsanalysen durchgeführt, so kann die Matrix zu den Komponenten als Hilfsmittel eingesetzt werden und gleichzeitig könnten dadurch Unterlagen zu bisher nicht betrachteten kritischen Zuständen über die Matrix zu den Verknüpfungen der Unterlagen unter Berücksichtigung der Unterlagenhierarchie aufgefüllt werden.

Literaturverzeichnis

/Andow 85/

P. Andow: Alarm systems and alarm analysis, Plant / Operations Progress, 4 (2), S. 116-119, 1985

/BG 00/

Kommentar zum Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen "Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten" (G 25), BGI 784, BG-Bahnen, Mai 2000

/Birch 86/

T. Birch: Man-machine interfaces in a computer controlled pharmaceutical factory, Chemistry and Industry, 5, S. 319-321, 1986

/Charwat 82/

H.-J. Charwat: Bildschirme in Prozesswarten ergeben noch keinen Bildschirmarbeitsplatz!, Regelungstechnische Praxis, 24 (11), S. 365-369, 1982

/DIN 18250 03/

DIN 18250: Schlösser - Einsteckschlösser für Feuerschutz- und Rauchschutztüren, DIN Berlin 2003

/DIN 25401-7 02/

DIN 25401-7: Begriffe der Kerntechnik - Teil 7: Sicherheit kerntechnischer Anlagen, DIN Berlin, 2002

/DIN 31051 03/

DIN 31051: Grundlagen der Instandhaltung, DIN Berlin, 2003

/DIN 32541 77/

DIN 32541: Betreiben von Maschinen und vergleichbaren technischen Arbeitsmitteln; Begriffe für Tätigkeiten, DIN Berlin, 1977

/DIN EN 13306 01/

DIN EN 13306: Begriffe der Instandhaltung (Dreisprachige Fassung EN 13306:2001), DIN Berlin, 2001

/DIN EN 418 93/

DIN EN 418: Sicherheit von Maschinen; NOT-AUS-Einrichtung, funktionelle Aspekte; Gestaltungsleitsätze (Deutsche Fassung EN 418:1992), DIN Berlin, 1993

/DIN V 19256 97/

DIN 19256: Leittechnik - Einrichtungen der Prozeßleittechnik (PLT) für industrielle Anlagen- Leitfaden für Planung, Erstellung und Betrieb, DIN Berlin, 1997

/DIN VDE 31000-2 87/

DIN VDE 31000-2: Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse; Begriffe der Sicherheitstechnik; Grundbegriffe, DIN Berlin, 1987

/Goruchin 83/

V.M. Goruchin: Ausbildungstrainer für Operateure von Überwachungsanlagen, msr, 26 (4), S. 219-221, 1983

/Kurrle 94/

H.-P. Kurrle: Trainingssimulator zur Ausbildung von Chemiekanten und Anlagenfahrern, Automatisierungstechnische Praxis, 36 (7), S. 50-56, 1994

/Rose 93/

H. Rose: Flexible Prozeßautomatisierung – Neue Perspektiven für die Gestaltung von Prozeßleitsystemen auf der Grundlage von Erfahrungswissen, Automatisierungstechnische Praxis, 35 (11), S. 610-618, 1993

/Rosier 83/

S. Rosier: Erfahrungen mit dem Einsatz von digitalen, dezentralen Prozessleitsystemen (verteilte Prozessleitsysteme), Chem.-Ing.-Tech., 55 (6), S. 494-495, 1983

/Schmidt 98/

F. Schmidt: Verbesserung der Bediensicherheit durch qualifikationsgerechtes Trainieren von Anlagenfahrern in der chemischen / Prozessindustrie, Bildungsverbund Chemie und Technik e.V., 1998

/Sommer 99/

J. Sommer: Sicherheitskonzepte validieren und optimieren, das Sicherheitsbewußtsein schärfen: Simulation von Batchprozessen mit ISIS, TÜ.,40 (6), S. 37-40, 1999

/StörfallVO 00/

12. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Störfallverordnung – 12. BImSchV) (v. 26.04.2000). BGBl. I S. 603

/TAA 02/

Erfahrungsberichte über Prüfung der Sachverständigen nach § 29a Abs. 1 BImSchG, Unterausschuss des Technischen Ausschusses für Anlagensicherheit (TAA), 2002

/UBA 01/

Strategien zur Verhinderung von Fehlbedienungen in verfahrenstechnischen Anlagen, Forschungsbericht 298 94 309, Umweltbundesamt, 2001

/UBA 02/

ZEMA Jahresbericht 2000 (Zentrale Melde- und Auswertungsstelle für Störfalle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen), Umweltbundesamt Berlin, 2002

/VDI/VDE 2180 00/

VDI/VDE 2180: Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der Prozeßleittechnik, Blätter 1-5, 2000

/Wirstad 83/

J. Wirstad: Planung und Gestaltung der Ausbildung von Prozesswarten-Personal, Regelungstechnische Praxis, 25 (1), S. 4-10, 1983

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1 Operateur im Regelkreis der Anlage 12
Abb. 1.2 Einflussfaktoren auf den sicheren Betrieb einer PLS-Anlage 13
Abb. 1.3 Einflussfaktoren auf die Qualifikation des Operateurs 14
Abb. 1.4 Vergleich der absoluten Risiken zwischen Normal- und Nichtnormalbetrieb (interne Datenbank) 17
Abb. 1.5 Vergleich der zeitbezogenen Risiken (interne Datenbank) 18
Abb. 1.6 Vergleich der absoluten Risiken zwischen Normal- und Nichtnormalbetrieb (externe Daten) 19
Abb. 1.7 Vergleich der zeitbezogenen Risiken (externe Daten) 20
Abb. 1.8 Prozentualer Anteil der Grenzwertüberschreitungen pro Schutzvorrichtung 21
Abb. 2.1 Aufteilung nach Anlagenart 25
Abb. 2.2 Aufteilung der Betriebszustände 26
Abb. 2.3 Durchgeführte Maßnahmen durch Betreiber / Behörde (Mehrfachnennungen möglich) 27
Abb. 2.4 Mängelcode-Verteilung der einzelnen Branchen 31
Abb. 2.5 Verteilung der Mängelcodegruppen (nur Chemie) über die Jahre 1999 - 2001 32
Abb. 2.6 Schematische Darstellung des Gesamtprozesses von Betrieb A 38
Abb. 2.7 Übersicht über die Verfahrenstechnik von Betrieb B 40
Abb. 2.8 Schematischer Produktionsablauf im Betrieb C 43
Abb. 2.9 Schematische Darstellung des Gesamtprozesses von Betrieb D 45
Abb. 2.10 Schematische Darstellung des Gesamtprozesses von Betrieb E 47
Abb. 3.1 Schematische Darstellung der Wirkungsweise von PLS-Einrichtungen nach /VDI/VDE 2180 00/ 53
Abb. 3.2 Zeitliche Entwicklung bei Störfall- und Unfallursachen 56
Abb. 3.3 Zusammenhang zwischen Zuständen und Aufgaben der Operateure für ein Kernkraftwerk mit Siedewasser-Reaktor 65
Abb. 3.4 Beispiel für typische Aufgaben (Vorbereitung, Anfahren ...) 68
Abb. 3.5 Bedeutung der Aufgabenfelder nach Fehlerbereichen des Betriebes 80

Abb. 3.6 Qualifikatorische Anforderungen an Fachkräfte in der chemischen Industrie 87
Abb. 3.7 Änderung der Fachkompetenz über die Betriebszustände 93
Abb. 3.8 Änderung der Methodenkompetenz über die Betriebszustände 94
Abb. 3.9 Änderung der Sozialkompetenz über die Betriebszustände..... 95
Abb. 3.10 Problematik der Bezeichnungsvielfalt für die Arbeitsunterlagen 112
Abb. 3.11 Empfohlene Hierarchie der Unterlagen..... 120
Abb. 3.12 Berücksichtigung der Betriebszustände in den Unterlagen der Betriebe..... 132
Abb. 3.13 Bedeutung der Betriebszustände in den Unterlagen im Vergleich mit den Ergebnissen der Aufgabenanalyse 133
Abb. 3.14 Vergleich der Bedeutung der Aufgabenfelder in den Unterlagen und der Matrix 134
Abb. 3.15 Bedeutung der Kriterien in den verschiedenen Unterlagenebenen Teil 1..... 136
Abb. 3.16 Bedeutung der Kriterien in den verschiedenen Unterlagenebenen Teil 2..... 138
Abb. 4.1 Relevanz betrieblicher Situationen zur Definition der Anforderungen an Arbeitsunterlagen 144
Abb. 4.2 Beispielunterlage aus Betrieb D, Seite 1..... 151
Abb. 4.3 Beispielunterlage aus Betrieb D, Seite 2..... 152
Abb. 4.4 Beispielunterlage aus Betrieb D, Seite 3..... 153
Abb. 4.5 Beispielunterlage aus Betrieb D, Seite 4..... 154
Abb. 4.6 Beispielunterlage aus Betrieb D, Seite 5..... 155
Abb. 4.7 Beispielunterlagen aus Betrieb A..... 157
Abb. 4.8 Muster für Arbeitsunterlage..... 159
Abb. 4.9 Hinterlegung der Matrizen im PLS 162
Abb. 4.10 Relationsmatrix für die sicherheitstechnisch relevante Zusammenhang aller Komponenten in der Anlage..... 162
Abb. 4.11 Funktionsprinzip der Matrix für Aufstellung der nötigen Arbeitsunterlage..... 164
Abb. 4.12 Bestimmung der nötigen Arbeitsunterlage durch die im PLS integrierte Relationsmatrix 165

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1 PLS-basierte Fehler 29

Tab. 2.2 Auf Dokumentation basierte Fehler 30

Tab. 2.3 Kennzahlen zur Beschreibung der Betriebe 36

Tab. 3.1 Bei der Auswertung berücksichtigte Betriebszustände 50

Tab. 3.2 Aufgabenermittlung für die Matrizen 73

Tab. 3.3 Bestimmungsgemäßer Betrieb: N 74

Tab. 3.4 Nicht bestimmungsgemäßer Betrieb: S 74

Tab. 3.5 Matrix für den Gutbereich 78

Tab. 3.6 Matrix für den zulässigen Fehlerbereiches 79

Tab. 3.7 Matrix für den unzulässigen Fehlerbereich 79

Tab. 3.8 Kenntniskategorien und -inhalte 84

Tab. 3.9 Bereiche der Qualifikationen 86

Tab. 3.10 Matrix der Qualifikation der Operateure im bestimmungsgemäßen Betrieb 90

Tab. 3.11 Matrix der Qualifikation der Operateure im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb innerhalb des zulässigen Fehlerbereiches 91

Tab. 3.12 Matrix der Qualifikation der Operateure im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb innerhalb des unzulässigen Fehlerbereiches 92

Tab. 3.13 Niveauverschiebung der Qualifikation am Beispiel „Führen eines KFZ“ 96

Tab. 3.14 Betriebspezielle Ausbildung 104

Tab. 3.15 Vergleich der Struktur und des Inhaltes von Ausbildungen 106

Tab. 3.16 Technische Normen für Arbeitsunterlagen 111

Tab. 3.17 Arbeitsunterlagen vom Betrieb A 114

Tab. 3.18 Arbeitsunterlagen vom Betrieb B. 115

Tab. 3.19 Arbeitsunterlagen vom Betrieb C 116

Tab. 3.20 Arbeitsunterlagen vom Betrieb D 117

Tab. 3.21 Arbeitsunterlagen vom Betrieb E 118

Tab. 3.22 Gruppierung der Arbeitsunterlagen von den untersuchten Betrieben nach Hierarchiestruktur..... 121

Tab. 3.23 Analysekriterien nach Aufgaben und Betriebszuständen in den Unterlagen 126